

**GEMLİK FAY ZONU’NUN AKTİF TEKTONİĞİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Gülşen UÇARKUŞ**  
**Jeoloji Mühendisi**

**Anabilim Dalı : KATI YERBİLİMLERİ**

**Programı : JEODİNAMİK**

**Tez Danışmanları: Prof. Dr. Aykut BARKA**  
**Doç. Dr. Serdar AKYÜZ**

**Haziran, 2002**

## ÖNSÖZ

Çok değerli hocam Prof. Dr. Aykut Barka'ya: Öncelikle beni, sizinle çalışma fırsatı ile onurlandırdığınız, daha sonrasında diğer çalışmalarınıza da ortak edip yüksek lisans eğitimimi tecrübelerle, öğretilerle dolu bir hale getirdiğiniz, beni her konuda teşvik ettiğiniz, bana güvendiğinizi her şekilde hissettirdiğiniz, bir hocanın yanısıra bir dost olduğunuz, önümde yeni ufuklar açıp akademik hayata olan bakış açımı değiştirdiğiniz ve daha sayamadığım birçok neden için bütün kalbimle teşekkür ediyorum.

Danışmanım Doç. Dr. Serdar Akyüz'e bu çalışmam esnasında verdiği destek ve bir hocadan çok bir abi olarak gösterdiği yakın alaka için canı gönülden teşekkür ederim.

Bu çalışmanın gerçekleştirilmesinde çok geniş bir çevreden destek aldım ve bu destek tezim içerisinde çok çeşitli konulara değinmem açısından oldukça faydalı oldu. Bu açıdan çalışmam içerisindeki uydu görüntüleri ile ilgili kısımları hazırlamamda yardımcı olan Yr. Doç. Dr. Şinasi Kaya'ya, ve bunların arazi modeliyle karşılaştırılmasını sağlayan Dr. Cem Gazioğlu'na tezime bu tarz bir veri koymamı sağladıkları için teşekkür ederim.

Arazi ve ofis çalışmalarımda bana en yakın şekilde yardımcı ve destek olan arkadaşlarım başta Ar. Gör. Dilek Şatır olmak üzere , Ersen Aksoy, Ar. Gör. Ufuk Tarı, Korhan Erturaç, Burçak Akbalık, Ar. Gör. Aynur Dikbaş ve Cengiz Zabcı'ya; arazime bizzat gelerek jeofizik çalışmalarını yürüten arkadaşlarım Çağlar Yalçiner ve Emre Evren'e; çalışma alanım hakkındaki görüş ve tavsiyeleri için Ar. Gör. Cenk Yaltırak ve Doç. Dr. Can Cenç'e, çalışmalarım konusunda tavsiyelerini benden hiç esirgemeyen Prof. Dr. Mehmet Sakınç'a, arazime gelerek fikir ve yorumlarda bulunan Prof. Tom Rockwell, Prof. Mustapha Meghraoui ve Matthieu Ferry'e; kazı çalışmalarım için iş aleti (Beko) sağlayıp bu alandaki çalışmalarına yakın ilgi gösteren Orhangazi ve Gemlik Belediyelerine; benimle aynı dönem içerisinde tez çalışması yürüten ve bu anlar içindeki sıkıntılarımızı , tavsiyelerimizi paylaştığım arkadaşlarım Ar. Gör. Erkan Toraman ve Ar. Gör. Umut B. Ülgen'e; bilgisayar konusundaki problemlerimde daima yardıma koşan arkadaşım Ar. Gör. Burak Yıkılmaz'a; bana manevi destek sağlamış olan bütün arkadaşlarıma;

Ve, yoğun çalışma tempom içerisinde bana gösterdikleri anlayış, sevgi ve destek için özellikle Aileme,

Teşekkürü bir borç bilirim.

Gülşen UÇARKUŞ

Mayıs, 2002

## İÇİNDEKİLER

ŞEKİLLER LİSTESİ.....	iv
TABLO LİSTESİ.....	vii
ÖZET.....	viii
SUMMARY.....	x

## BÖLÜM 1 GİRİŞ ..... 1

1.1	Çalışmanın Alanının Yeri .....	1
1.2	Çalışmanın Amacı.....	1
1.3	Önceki Çalışmalar.....	4

## BÖLÜM 2 STRATİGRAFİ..... 7

2.1	Giriş.....	7
2.2	Mesozoyik Birimleri .....	7
2.3	Paleojen Birimleri .....	10
2.4	Neojen Birimleri .....	11
2.5	Kuvaterner Birimleri.....	12

## BÖLÜM 3 BÖLGENİN PALEO- VE NEO-TEKTONİK ÖZELLİKLERİ ..... 17

3.1	Paleotektonik Dönem.....	17
3.2	Neotektonik Dönem .....	18
3.3	Kuzey Anadolu Fay Zonu'nun Marmara Bölgesi'ndeki uzanımı.....	19
3.4	KAF Zonunun Doğu Marmara Bölgesindeki Orta Kolu .....	21
3.5	Gemlik Fay Zonu .....	23

<b>BÖLÜM 4 JEOMORFOLOJİ .....</b>	<b>32</b>
4.1 Çalışma Alanının Jeomorfolojik Özellikleri .....	32
4.2 Jeomorfolojinin Sayısal Arazi Modeli ve Uzaktan Algılama Yöntemleriyle Yorumlanması .....	36
 <b>BÖLÜM 5 SİSMOLOJİ .....</b>	 <b>39</b>
5.1 Tarihsel Depremler .....	39
5.2 Aletsel Döneme Ait Sismik Veriler .....	44
 <b>BÖLÜM 6 PALEOSİSMOLOJİ .....</b>	 <b>50</b>
6.1 Giriş .....	50
6.2 Çalışma Alanında Fay Kazısı Çalışmaları .....	55
6.3 Karbon-14 (C <sup>14</sup> ) Yöntemiyle Yaş Tayini .....	66
6.4 Jeofizik .....	69
 <b>BÖLÜM 7 SONUÇLAR .....</b>	 <b>76</b>
 <b>KAYNAKLAR .....</b>	 <b>78</b>
 <b>EKLER</b>	
<b>EK 1</b> Çalışma Alanının Jeoloji Haritası	
<b>EK 2</b> Çalışma Alanının Jeomorfoloji Haritası	
<b>EK 3</b> Karsak Kazısı Kesiti	
<b>EK 4</b> Akharem Kazı-1 Kesiti	
<b>EK 5</b> Akharem Kazı-2 Kesiti	
<b>EK 6</b> Çalışma Alanında Fay Kazılarının ve VLF Profillerinin Yerleri	
<b>EK 7</b> Karbon-14 Yaş Tayini Raporu	
 <b>ÖZGEÇMİŞ .....</b>	 <b>84</b>

## ŞEKİL LİSTESİ

		Sayfa No
Şekil 1	Çalışma alanının yer bulduru haritası	3
Şekil 2.1	İnceleme alanı ve yakın dolaylarının tektonik birliklerini gösteren harita (Yılmaz vd., 1995)	7
Şekil 2.2	Çalışma alanının genelleştirilmiş stratigrafik kesidi (ölçeksiz) (Barka ve diğ., 2001'den derlenmiştir)	9
Şekil 2.3	Kocadere boyunca görülen akarsu çökelleri	13
Şekil 2.4	Umurbey güneyinde görülen kuvaterner çökeller	14
Şekil 2.5	Sıraormanlar mevkiinde görülen akarsu taraçaları	15
Şekil 2.6	(a) Akarsu taraçalarına yakından bakış (b) Orhangazi-Gemlik yolu batısında görülen kum depoları	16
Şekil 3.1	Kuzeybatı Anadolu'nun tektonik haritası (Okay ve Tüysüz, 1999)	17
Şekil 3.2	Türkiye'nin başlıca neotektonik yapıları	18
Şekil 3.3	Kuzey Anadolu Fay Zonu'nun Marmara Bölgesi'ndeki kollarının dağılımı (Barka ve Kandinsky-Cade, 1988)	20
Şekil 3.4	1990, 1992, 1994 ve 1996 GPS kampanyalarından elde edilen vektörel hızlar (Straub ve diğ., 1997).	21
Şekil 3.5	Kuzey Anadolu Fay Zonu'nun orta kolunun Geyve-Gemlik arasındaki segmentlerinin genel geometrisi ve segmentasyonu (Barka ve diğ., 2001).	22
Şekil 3.6	Orta kol ve Gemlik Fay Zonu'nun radar görüntüsündeki çizgiselliği (NASA, 2002)	23
Şekil 3.7	Akharem GD'sunda görülen yükselmiş kıyı taraçaları. Fay kırmızı kesikli çizgi ile gösterilmiştir	25
Şekil 3.8	Akharem doğusunda görülen ~2 m yüksekliğindeki şev.	26
Şekil 3.9	Mamure'de görülen sarplık	27
Şekil 3.10	Sondaj 2 ve 3'ün logu. Gri- yeşil olarak gösterilen kumlu birimin olası fayın iki tarafında farklı kalınlıklarda olması fayın bu çökel döneminde aktif olduğunu göstermektedir (Barka ve diğ., 2001)	28
Şekil 3.11	İznik Gölü ile Gemlik Körfezi arasında Gemlik Fay Zonuna ait segmentlerin hava fotoğrafı üzerinde belirlenen çizgisellikleri	29

Şekil 3.12	Karaağaç Tepe'nin GB'sındaki Gençali fayı boyunca uzanmış vadi	30
Şekil 3.13	Mal Tepe güneyindeki tepede, kireçtaşlarında görülen yanal atımlı süreksizlik	30
Şekil 3.14	Gemlik Kaplıcası ve civarının sıcaklık dağılımı. Yatay eksen yatay mesafeyi (m), düşey eksen ise derinliği (m) göstermektedir ( Pfister ve diğ., 1997)	31
Şekil 4.1	Cihatlı Köyü'nden Gemlik ovasına bakış (GB)	32
Şekil 4.2	Karsak KD'sunda dağ önünde gelişmiş fay önü molozları. Kırmızı ok fayın geçtiği yere, sarı ok ise fay önü molozlarını göstermektedir	34
Şekil 4.3	Buzul döneminde gölün maksimum yayılış sahası( Ardel, 1959)	35
Şekil 4.4	Çalışma alanının 2D (iki boyutlu) sayısal arazi modeli. Kırmızı çizgiler Gemlik Fay Zonu'na ait fay segmentlerini göstermektedir	37
Şekil 4.5	Landsat 5 TM (26/9/1999 tarihli) uydu verileri ile çakıştırılmış sayısal arazi modeli, bakış doğudan batıya. Kırmızı çizgisel İznik Gölü ile Gemlik Körfezi boyunca izlenen ana fay segmentlerini göstermektedir	38
Şekil 5.1	Marmara Bölgesi'nin uzun dönem sismik aktivitesi. Siyah noktalar tarihsel depremleri göstermektedir (Ambraseys&Finkel, 1991; Straub , 1996 )	42
Şekil 5.2	1978- 2000 yılları arasında meydana gelmiş olan M>3 deprem sayısının zaman ile ilişkisini gösteren grafik	45
Şekil 5.3	Marmara Bölgesi'nin 1986-1996 yılları arasındaki sismik aktivitesi; Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Merkezi verileri ( Gürbüz ve diğ., 2000)	46
Şekil 5.4	1964-1994 yılları arasında Gemlik ve civarındaki deprem aktivitesi ( ISC verileri)	47
Şekil 5.5	Marmara Bölgesi'nde 1995 yılında yapılmış fay düzlem çözümlemeleri ( Gürbüz ve diğ., 2000)	47
Şekil 5.6	17 Ağustos depreminin coulomb stres dağılım modellemesi. Kırmızı ve sarı alanlar stresin arttığı, mor kesimler ise stresin azaldığı alanları göstermektedir (Parsons ve diğ., 2000).	48
Şekil 6.1	Karsak kazısı backhoe tipi iş aleti ile açılışı	54
Şekil 6.2	Karsak kazısı, bakış güneye	56
Şekil 6.3	Gemiç kazısının açıldığı şev ve kazının iki basamaklı yapısı görülmekte	57
Şekil 6.4	Gemiç kazısının alt kademesi, bakış güneye	58
Şekil 6.5	Akharem Kazı-1'in açıldığı şev	59
Şekil 6.6	Akharem Kazı-1'in genel görünümü, bakış güneye	60
Şekil 6.7	Akharem Kazı-1'in doğu duvarında F, G ve I birimlerini	

	kesen süreksizlik görölmekte	61
Şekil 6.8	Akharem Kazı-2 civarının mikrotopoğrafya haritası	62
Şekil 6.9	Mikrotopoğrafyanın üç boyutlu gösterimi. Mavi ok Akharem Kazı-2'nin yerini göstermektedir	63
Şekil 6.10	Akharem Kazı-2'nin genel görünümü, bakış kuzeye	64
Şekil 6.11	Akharem Kazı-2 içindeki birimlerin genel görünümü, bakış kuzeye	65
Şekil 6.12	Çalışmada kullanılan ENVI VLF (SCINTREX) marka cihaz	69
Şekil 6.13	Kontür haritası	72
Şekil 6.14	Üç boyutlu (3D) gösterim haritası	73
Şekil 6.15	İmajinal gösterim haritası	74
Şekil 6.16	Grafikler	75

## **TABLO LİSTESİ**

	<b>Sayfa</b>
	<b>No</b>
Tablo 5.1	İznik ve Gemlik'i etkilemiş olan tarihsel depremler
	43
Tablo 6.1	Birincil paleosismik yapıların sınıflaması
	52
Tablo 6.2	İkincil paleosismik yapıların sınıflaması
	53



## ÖZET

Kuzey Anadolu Fay Zonu'nun (KAFZ) orta kolunun, İznik Gölü ile Gemlik Körfezi arasındaki segmentlerinden oluşan Gemlik Fay Zonu'nun (GFZ) aktif tektonik özellikleri bu çalışmanın ana konusunu oluşturmaktadır. Temel olarak, Gemlik Fay Zonu'na ait segmentlerin geometrisini, aktivitesini, bu segmentler üzerindeki deprem tekrarlanma aralığını belirlemek amacıyla jeoloji, morfoloji, sismoloji ve paleosismoloji disiplinlerinden yararlanarak bilgi üretilmeye çalışılmıştır.

Orta kolun batıdaki devamı olan GFZ, İznik gölü ile Gemlik Körfezi arasında birkaç segmentten oluşmaktadır. İznik Gölü GB'sında kademeli bir yapı gösteren fay bu alanda Gemiç dağlarının kuzey etekleri boyunca ilerler. Fayın morfolojideki normal bileşeni oldukça belirgindir. Gemiç dağları önündeki alüvyal yelpazede de yaklaşık D-B doğrultusunda fayla ilişkili olabilecek şevler görülmektedir. Batıya doğru fay Karsak boğazı güneyindeki yüksek topoğrafyayı izleyerek Gemlik düzlüğüne ulaşmakta ve Gemlik körfezi içine girmektedir. Körfezin batısında Tuzla Burnu güneyinde başka bir morfolojik çizgisellik bulunmaktadır. Bu çizgiselliğin de fay ilişkili olduğu sondaj çalışmalarında litojiler arasındaki süreksizlikten anlaşılmıştır. Karsak batısında, Gemlik'e uzanan faydan GB yönünde ayrılan diğer bir kol ise Gençali Fayı'dır.

GPS verilerine göre orta kol üzerindeki hareket hızı 1-2 mm/ yıl'dır. Bu düşük kayma hızı bu kola ait fay segmentleri üzerindeki deprem tekrarlanma aralığını da etkilemektedir. Dolayısıyla GFZ'ni üzerinde büyük bir deprem olması için gereken süre, daha yüksek hareket hızına sahip bir faya göre daha uzun olmaktadır. Üzerinde uzun zamandır büyük bir deprem olmamış olsa da GFZ aktif bir fay zonudur. Çünkü aletsel dönem içerisinde alınmış olan kayıtlarda bu zon üzerinde deprem kümeleri olduğu görülmektedir. Aletsel dönem içerisinde meydana gelmiş en büyük magnitudlü deprem M 4.2'dir. Tarihsel deprem verileri İznik ve Gemlik'i etkilemiş olan birçok depremden bahsetse de bu depremler KAFZ'nunun kuzey ya da güney kollarından biri üzerinde de meydana gelmiş olabilir. Ancak deprem kataloglarındaki bir takım hasar tanımlamaları 368 ve 1857 depremlerinin bu fay zonu üzerinde gerçekleşmiş olabilecek M 6-6.5 büyüklüğündeki depremlere işaret etmesi mümkündür.

Çalışma alanında yüzey kırığı yaratmış olabilecek tarihsel depremleri bulabilmek amacıyla yapılan dört kazı çalışmasında deformasyon izine tek bir kazıda rastlanılmıştır. Bu deformasyonu yaşlandırmak için yapılan karbon-14 yaş tayininde örnekler sağlıklı bir sonuç vermese de en alttaki kömür örneğinden alınan  $2975 \pm 35$  yıl yaşına göre yapılan kaba tahminle deformasyonu oluşturan hareketin 2000 yıl önce meydana gelmiş olabileceği varsayılmıştır.

Elde edilen tüm verilere göre KAFZ'nunun orta koluna ait Gemlik Fay Zonu'nun oldukça yavaş hareket hızına sahip bir fay zonu olduğu ve deprem tekrarlanma aralığının geniş zaman dilimi içinde yer aldığı sonucuna varılmıştır.

## SUMMARY

The aim of this study is to investigate active tectonic features of the Gemlik Fault Zone, which lies in the the western extend of middle strand of the North Anatolian Fault Zone. The geometry, activity and the recurrence interval of large earthquakes on the segments of Gemlik Fault zone is investigated by using the geology, morphology, seismology and paleoseismology disciplines.

The Gemlik Fault Zone, which is the western extend of the middle strand, consists of several segments between İznik Lake and Gulf of Gemlik. The fault borders the northern skirts of the Gemiç Mountains representing an én-echelon geometry in the SW of İznik Lake. Normal component of this fault is traceable. E-W trending scarplets, which can be related with a fault rupture, are exposed on the flat alluvial fan in front of the Gemiç Mountains. To the west, fault follows the high topography at the south of Karsak pass and reaches to the Gulf of Gemlik. Another linear scarp is recognized at the south of Tuzla Cape. This scarp is fault related according to the vertical offset exposed between the lithology in the drillings. Another fault called Gençali fault, extends striking ENE to the fault located at the Karsak pass.

The slip rate of the middle strand is 1-2 mm/yr according to the GPS data. This low slip rate influences the recurrence interval of the earthquakes on the segments of Gemlik Fault Zone. Consequently, the interval for occurrence of a big earthquake is expected to be longer compared to a fault with high slip rate. Gemlik Fault Zone has an evident micoseismic activity and clusters of seismicity at the Gulf of Gemlik. The largest event recorded in the instrumental period is M 4.2. Although several events are mentioned in the area of İznik and Gemlik in the historical records , not all of these are related to the middle strand but also to the northern and southern strands. According to the damage defined in the catalogues, the events 368 and 1857 may have occurred on the Gemlik Fault Zone with a magnitude between M 6- 6.5.

Four trenches are excavated to consider the historical earthquakes which may have created a surface rupture. A deformation exposed in the wall of one trench near Akharem. Although C 14 datings of the charcoal samples are not so reliable, it is possible to give a-2000-year date to the deposits which overlies the deformation zone in Akharem Trench-2 wall, according to the date of the lowest sample ( 2975 ± 35 BP) with a crude estimation.

The results of these investigations show that the Gemlik Fault Zone is a poor active fault zone, and the earthquake recurrence intervals along this zone are in long time periods.

## **BÖLÜM 1 GİRİŞ**

### **1.1 Çalışma Alanının Yeri**

Çalışma alanı, kuzeyde Samanlı Dağları, doğuda İznik Gölü, batıda Gemlik körfezi ve güneyde Gemiç dağları arasında yer almaktadır. Bu alan 1/25 000 ölçekli topoğrafik haritalardan Bursa H22-a1, H22-a2 ve H22-b1 paftaları içinde 40° 48' - 40° 22' enlemleri, 29° 04' - 29° 22' boylamları arasında bulunmaktadır ( Şekil 1). Bursa il sınırları içinde kalan bu sahaya ulaşım, Yalova-Bursa karayolu ile sağlanmaktadır. Gemlik inceleme alanındaki başlıca yerleşim alanıdır. Orhangazi ilçesine bağlı Mamure, Akhareme, Yenigürle, Müslümgürle, Gemiç ve Karsak köyleri İznik gölünün GB'sında yeralan eski Osmanlı köyleridir.

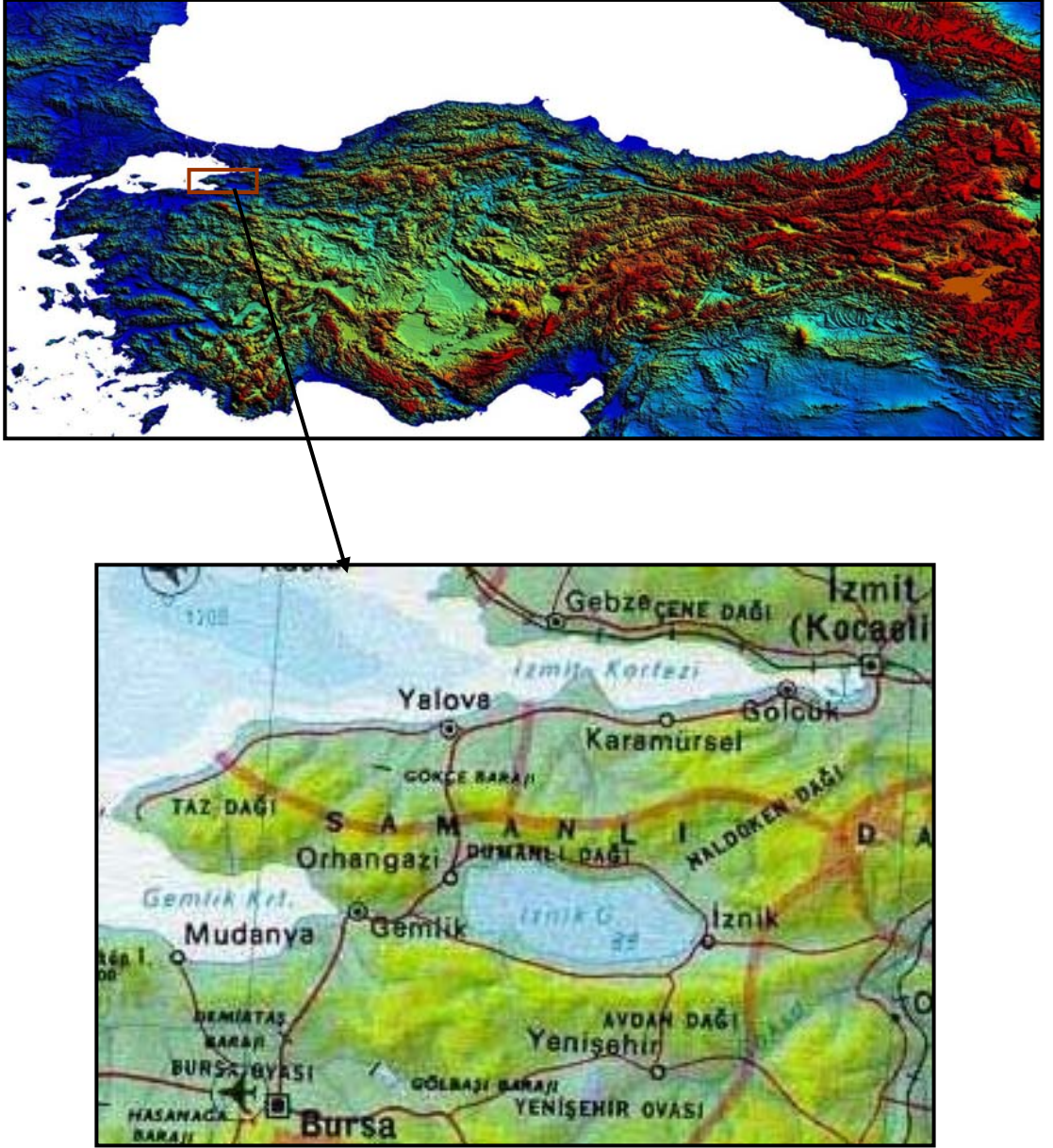
### **1.2 Çalışmanın Amacı**

Kuzey Anadolu Fay Zonu, Türkiye'nin en aktif tektonik yapısıdır. Doğuda Karlıova'dan, batıda Yunanistan'a kadar uzanan bu büyük sağ yanal-atımlı sistem yaklaşık 1500 km'lik bir uzunluğa sahiptir. Karlıova'dan Bolu'ya kadar belirgin, tek bir çizgi oluştururken, Marmara Denizi ve çevresinde üç kola ayrılır (Barka, 1992). Bu kollardan kuzeye ayrılanı Sapanca, İzmit körfezi boyunca ilerler ve Kuzey Marmara Denizi çukurlarını oluşturarak Gaziköy-Saroz hattını takiben Kuzey Ege'ye kadar uzanır. Orta kol olarak adlandırılan kesim Geyve, Mekece, İznik Gölü güneyinden geçerek Gemlik Körfezi'ne girer ve Bandırma, Biga yarımadası üzerinden Ege Denizi'ne uzanır. Güneydeki kol ise Yenişehir, Bursa, Manyas, Gönen ve Pazarköy hattını takip ederek Edremit Körfezi'ne ulaşır.

KAF boyunca son yüz yıl içerisinde büyük çapta yıkıcı depremler meydana gelmiştir. Özellikle 1939-1967 yılları arasında doğudan batıya  $M > 7$  büyüklüğünde altı deprem meydana gelmiş, 1999 depremleriyle bu göç batıya devam etmiştir. Bir sonraki büyük depremin Marmara Denizi içerisindeki kuzey kolun devamında gerçekleşmesi beklenirken, bu deprem göçleri KAF'ın diğer kolları üzerindeki deprem riskinin tartışılmasına yol açmıştır.

Deprem, güncel tektonizmaya sahip aktif faylar boyunca meydana gelir. Aktif faylar çeşitli disiplinlerle detaylı olarak incelenerek geometrileri, tarihçeleri ve üretebilecekleri deprem byklg ortaya konulabilmektedir. Tektoniğin bir alt dalı olan aktif tektonik, güncel fayların özelliklerinin aydınlatılması açısından birçok yeni disiplini bir araya getirerek önemli veriler üretilmesini sağlamaktadır. Aktif tektonikte kullanılan yöntemleri ŗu bağlıklar halinde sıralayabiliriz:

- Jeoloji : Aktif fayların ve Pliyo-Kuvaterner birimlerin haritalanması,
- Jeomorfoloji: Fayların jeomorfolojik özelliklerinin arazide belirlenmesi; hava fotoğrafları ve uydu görüntülerinin analizi,
- Paleosismoloji: Aktif faylar üzerindeki tarihsel depremlerin fay kazıları (trench) ile belirlenmesi; tarihsel depremler,
- Sismoloji: Son yüzyılda meydana gelen depremlerin aletsel kayıtlarının incelenmesi ve bunların fay mekanizması çözümleri, üç boyutlu dağılımları,
- GPS (Global Positioning System): Uydu teknolojisi ile fayların kinematik özelliklerinin ve hızlarının belirlenmesi,
- Interferometri: Uydu görüntülerini kullanarak faylar boyunca meydana gelen deformasyonların alansal dağılımının belirlenmesi ve elastik olarak modellenmesi,
- Coulomb Modellemesi: Deprem sırasında değiğen statik gerilme dağılımının elde edilmesi ile ilgili modelleme alığmaları,
- Arkeosismoloji: Antik kentlerdeki deformasyonların ve yüzey kırıklarının belirlenmesi ile bölgenin sismisitesinin arağtırılması.



Şekil 1 Çalışma alanının yer bulduru haritası

depremlerle ilişkisini ve deprem tekrarlanma aralığını belirleyerek bu zon üzerindeki deprem riskini ortaya koymaktır. Bu amaçla, fayın geometrisi ile morfolojisi hava fotoğrafları ve arazide belirlenmeye çalışılmış, detay morfolojiye ihtiyaç duyulan yerlerde mikrotopoğrafya çalışması yapılmıştır. Jeofizik yöntemlerinden(VLF) de yararlanarak belirlenen noktalarda fay kazıları (trench) gerçekleştirilmiştir. Yapılan bu kazılarda fayın hareketine bağlı olarak gelişmiş olabilecek deformasyonlar aranmış ve gerekli görülen seviyelerden kömür örneği alınarak yurtdışında bir labratuvara gönderilerek  $C^{14}$  yaş tayini yaptırılmıştır. Bölgenin Kuvaterner birimleri temel birimlerden ayırtılarak haritalanmıştır. Ayrıca, fay zonunun sismik aktivitesi,

daha önceki GPS kampanyaları ile belirlenmiş vektörel hız değerleri ortaya konmuştur.

Çalışmada, 1/10000 ve 1/30000 ölçekli hava fotoğraflarından, 1/25000 ölçekli topoğrafya haritalarından yararlanılmıştır. 1/25000 ölçekli topoğrafya haritaları Arcview programında sayısallaştırılmıştır. Fay kazıları bir BEKO (backhoe-kepçe) operatör tarafından yapılmıştır. Mikrotopoğrafya ölçümlerinde ise Criterion marka bir Survey Laser aleti kullanılmıştır.

### 1.3 Önceki Çalışmalar

Bu bölümde, Kuzey Anadolu Fayı'nın orta kolu ve bunun İznik Gölü ile Gemlik Körfezi arasındaki segmentlerinin neotektoniği üzerine yapılmış önceki çalışmalara değinilecektir.

**Barka ve Kandinsky-Cade (1988)**'in Türkiye'deki doğrultu-atımlı fay geometrileri üzerine yaptıkları çalışmada, KAF'ı batıda üç kola ayırmışlardır. Bu ayrımı, arazi gözlemlerine, deniziçi batimetri verilerine ve büyük depremlerin yüzey kırıklarına göre oluşturmuşlardır. KAF'ın Marmara'nın doğusunda ayrıldığı bu kollar, kuzey kol, orta kol ve güney kol olarak adlandırılmıştır. Bu çalışmada, orta kol üzerinde tarihsel kayıtlara göre en az 200 yıldır büyük bir deprem meydana gelmediği belirtilmektedir. Orta kol, Bolu doğusunda ana hattın GB doğrultusunda ayrılır ve İznik Gölü doğusunda kademeli bir geometri sunarak Geyve havzasının oluşumunu sağlar. Mekece-İznik hattını takiben İznik Gölü'nün güney kıyısını sınırlar ve Sölöz'de küçük bir kol GB'ya ayrılır, diğer kol B-KB istikametinde Gemlik körfezine doğru devam eder. İznik Gölü-Gemlik Körfezi arasında D-B giden faydan GB'ya doğru başka bir kol ayrılır. Sölöz ile Gemlik Körfezi arasında fayın uzunluğu 22 km, GB'ya ayrılan kol ise 23 km'dir.

**Erendil ve diğ. (1988)**'de, Armutlu yarımadasının tektoniği ve Batı KAFZ üzerine bir çalışma yapmışlardır. Bu çalışmada Armutlu yarımadasında kuzey ve orta kolun oluşturduğu iki ana doğrultu-atımlı fayın yarımada da iki ana blok sistemi oluşturduğu öne sürülmektedir. Armutlu yarımadasındaki bütün deformasyon yapıları bu blok hareketlerine bağlı olarak gelişmiştir. Yarımadayı sınırlayan çığış depresyon zonları (İzmit ve Gemlik körfezleri) genişlemeli yapılardır. Sapanca Gölü-Adapazarı ovası ve İznik Gölü-Pamukova havzası bu çizgisel depresyonların

devamıdır. Sıkışmalı yapıların genişlemeli yapılarla korelasyonunun zor olduğunu ve bu konudaki incelemelerin devamının gerekli olduğunu belirtmektedirler.

**Tskuda ve diğ. (1988)**, orta kolun Geyve, İzmit ve Gemlik bölgelerindeki aktivitesiyle ilgili jeolojik kanıtlar üzerine yaptıkları çalışmada, Söğüt ile Gemlik Körfezi arasında yaklaşık D-B uzanan fayı, Gemlik fayı (22 km) olarak ifade etmiştir. Söğüt yakınlarındaki muhtemel Kuvaterner göl çökellerinde normal faylar mevcuttur. Bu normal fay, İzmit fayı ile Gemlik fayı arasındaki 3 km genişliğindeki sıçrama (stepover) hareketi ile açıklanmaktadır. Alüvyal düzlükteki güncel fay şevlerinin de tarihsel bir depremle ilişkili olduğu düşünülmüştür. Ölçülen şev yükseklikleri 1.6-2 m arasındadır. K65B doğrultasındaki diğer bir fayın breşli kireçtaşlarında fay kili meydana getirdiğini belirtmişlerdir. Gençali fayının, Çerkez Dere vadisinden Gençali Köyü'ne kadar 25 km boyunca uzandığını ve Engürücük'ün batısındaki alüvyal düzlükte fay şevleri oluşturduğunu öne sürmüşlerdir.

**Ikeda ve diğ. (1989)**, Kuzey Anadolu Fay zonunun Orhangazi düzlüğündeki Holosen aktivitesi üzerine yaptıkları çalışmada, bu düzlüğün güneyinde gözlemledikleri şevleri İzmit-Mekece fayı olarak adlandırdıkları fayın izi olarak belirtmişlerdir. Bu fay izi Mamure ile Karsak arasında çizgisel ve birkaç sıçrama dışında süreklilik göstermektedir. Fay şevlerinin yükseklikleri 1.2-6 m arasındadır. Gemiç'in 1.5 km KD'sunda bir şev üzerinde açtıkları 4 m derinliğinde, 12 m uzunluğundaki gözlemsel kazıda tabakasız, masif, kumlu çamur matriksli çakıllardan oluşan bir malzeme görülmüştür. Çökellerin içinde seramik parçalarına (Orta Avrupa'dan getirilmiş 19.yüzyıl ortası veya sonrası) rastlanmıştır. Trench yüzeyinden 0.2-0.6 m altında eski bir parke (ya da kaldırım) taşı bulunmuştur. Aynı tip taş 1 km doğuda açılan başka bir kazının içinde de rastlanılmıştır. Bu da fay izine paralel tarihi bir yolun varlığına işaret edebilir. Trench içindeki malzeminin masif oluşu nedeniyle faylanmaya işaret edebilecek yapılar gözlenememiştir. Aynı çalışmada, Karsak'ın 2.5 km KB'sında bir akarsu kanalının doğu duvarında yapay malzeme altındaki akarsu çökelleri güneye eğimli bir fay tarafından kesilmiştir. Bindirme özelliği taşıyan bu fay K 82° B doğrultusunda ve 28-30° G'e eğimlidir. Araştırmacılar bu yarmadan yola çıkarak İzmit-Mekece fayının bindirme bileşenli doğrultu-atımlı bir fay olduğunu öne sürmüşlerdir.

**Ikeda ve diğ. (1992)**, çalışmalarında doğrultu atımlı ve eğim bileşenli İzmit-Mekece fayının, KAF'ın batı uzanımındaki büyük bir kolu olduğunu söylemektedirler. İzmit

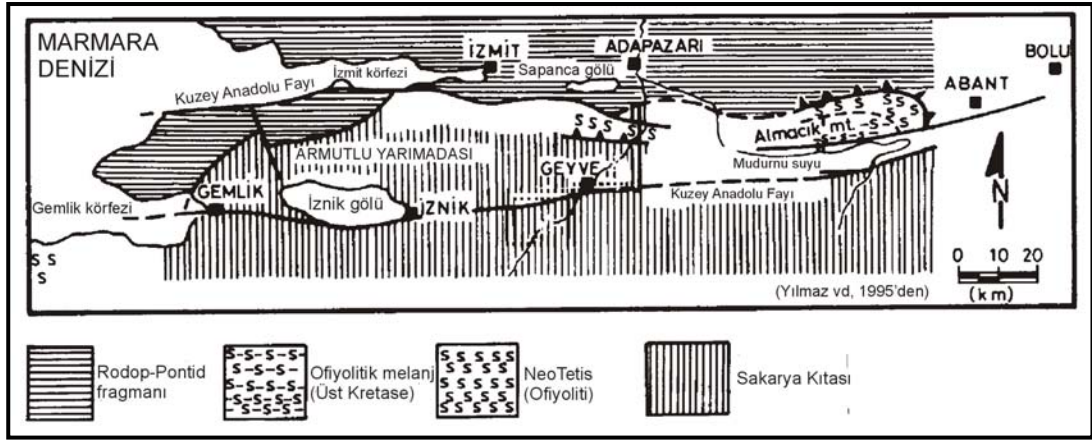
Gölü havzasının batısındaki Buzul dönemine ait kıyı sırtları (beach ridges), artan yaşlarla birlikte güneye doğru artan bir eğilme (tilt) göstermektedir. Bu, göl tabanı topografyası ve dalga-kesen (wave-cut) şevleri ile ilişkilendirildiğinde , havza tabanının, Kuvaterner’de fayın ilerleyen atımına bağlı olarak eğilmiş olduğunu göstermektedir. İznik-Mekece fayında Buzul dönem boyunca muhtemel eğim-atım oranının 1.4 mm/yıl olduğunu öne sürmektedirler.



## BÖLÜM 2 STRATİGRAFİ

### 2.1. Giriş

Gemlik bölgesi, Batı Pontid tektonik birliği içinde “Sakarya kıtası” (Yılmaz, 1981; Yılmaz vd., 1995) ve ya “Sakarya zonu” (Okay vd., 1990), olarak tanımlanan tektonik alan içinde yer alır (Şekil 2.1). Bölgede bulunan kaya-stratigrafi birimleri alttan üste doğru, Sakarya kıtası metamorfik temel kayaları, Eosen yaşlı çökel ve volkanik kayalar, Eosen-Oligosen yaşlı çökel kayalar, Neojen yaşlı çökel kayalar, alüvyon ve güncel bataklık çökelleri olarak sıralanır (Şekil 2.2).



Şekil 2.1 İnceleme alanı ve yakın dolaylarının tektonik birliklerini gösteren harita (Yılmaz vd., 1995)

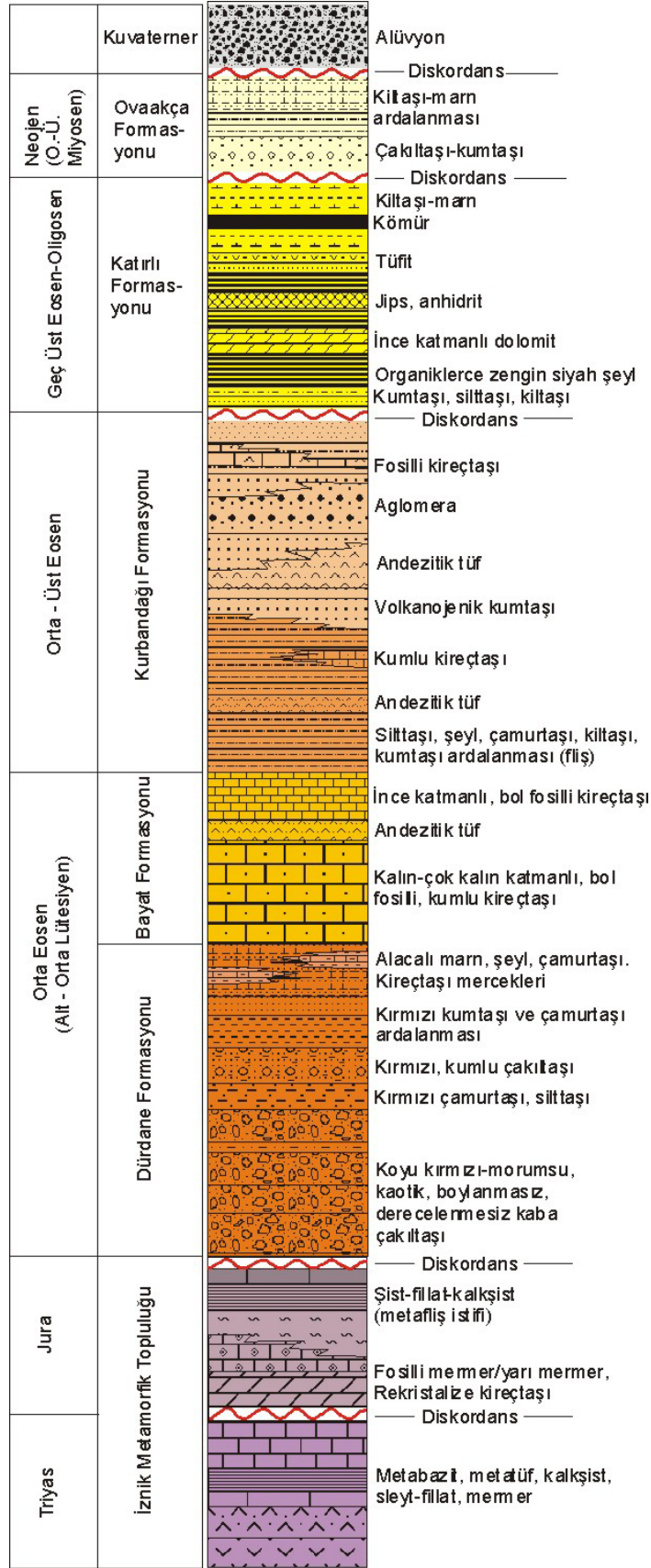
Bu incelemede Gemlik ve dolaylarının stratigrafisi oluşturulurken bu alanda daha önceki çalışmalarda ortaya konan veriler ile bölgede yürütülmüş arazi çalışmalarından elde edilen veriler denştirilerek genel bir dizilim ortaya konulmuştur.

### 2.2. Mesozoyik Birimleri

İnceleme alanının temelini oluşturan metamorfik kayalar farklı araştırmacılar tarafından farklı isimlerde adlandırılmıştır; “Kristalen şistler” (Akartuna, 1968), “Dereköy metamorfikleri”, Bargu (1982), “Dereyörük grubu” (Genç vd, 1986), “İznik metamorfikleri” (Göncüoğlu vd, 1986), “Fındıklı Formasyonu ve Orhangazi

Mermeri” (Kaya vd., 1986, 1989; Kaya ve Kozur, 1987), “İznik metamorfik topluluğu” (Yılmaz vd, 1990), “Armutlu metamorfikleri” (Yılmaz, 1990), “Nilüfer birimi” (Okay vd., 1990) ve “Yenişehir grubu” (Genç, 1993, 1995) gibi. Son dönem çalışmalarına göre birimin çok evreli deformasyon ve metamorfizmalardan etkilenmiş olduğu belirtilmektedir. Birimin en alt seviyeleri Alt-Üst Triyas yaşlı olup, Geç Triyas’ta ve Geç Kretase’de metamorfizmaya uğramışlardır (Göncüoğlu vd, 1986; Yılmaz, 1990; Yılmaz vd, 1990). Geç Triyas dönemindeki deformasyon ve metamorfizma “Karakaya havzası”nın kapanması ile gelişmiştir (Şengör ve Yılmaz 1981). Geç Kretase metamorfizması da İntra-Pontid okyanusunun kapanması sonucu Sakarya kıtası ile İstanbul zonunun çarpışması sırasında gelişmiştir (Yılmaz, 1990). Metamorfik topluluğun üst kesimi ise başlıca Jura-Alt Kretase yaşlı kayalardan oluşur ve bu kayaçlar Geç Kretase’de metamorfizmaya uğramışlardır.

Gemlik ve civarının metamorfik temelini Triyas yaşlı, orta-yüksek basınç tipi yeşilşist fasiyesinde metamorfizmaya uğramış metapelit, metabazit, metatüf, kalkışist, sleyt/fillatlar ve mermerler (Orhangazi mermeri) temsil etmektedir (Yılmaz vd, 1990; Genç, 1993; Genç ve Yılmaz, 1995). Gemlik’in kuzeyinde, Triyas yaşlı metamorfik kayalar Jura yaşlı rekristalize kireçtaşları ile uyumsuz olarak örtülmektedir. Kaya ve Kozur (1987) tarafından fosil bulgularına göre Erken-Orta Jura yaşlı olduğu belirlenen bu karbonat dizisi, Kaya (1977), Kaya ve Kozur (1987) tarafından “Kayalı kireçtaşı” ve “Cihatlı kireçtaşı” adlarıyla, Yılmaz vd (1990) tarafından “Kayalı mermeri” olarak adlandırılmıştır. Alt seviyelerde açık- koyu gri renkte, üst seviyelerde kırmızı renkli olan bu karbonatların geçirdikleri metamorfizma sonrası ince-orta katmanlı, mikritik dokulu ve fosilli yapıdan fosilli mermer/yarı mermer ve rekristalize kireçtaşına dönüşmüş oldukları belirtilmektedir. Bu birim üste doğru tedrici olarak bir filiş istifini andıran, kalın, homojen bir şist-fillat-kalkışist topluluğuna geçmektedir ve bu topluluk Yılmaz vd (1990) tarafından “Gemlik metaflışı” olarak adlandırılmıştır.



Şekil 2.2 Çalışma alanının genelleştirilmiş stratigrafik kesidi (ölçeksiz) ( Barka ve diğ., 2001'den derlenmiştir).

### 2.3. Paleojen Birimleri

İnceleme alanı içinde yer alan Paleojen birimleri Eosen yaşlı çökel ve volkanik kayalar, Eosen-Oligosen yaşlı çökel kayalar ile temsil edilir. Bu döneme ait birimler alttan üstte doğru Dürdane formasyonu, Bayat formasyonu, Kurbandağı formasyonu ve Katırlı formasyonu adları altında bahsedilecektir.

Dürdane formasyonu çalışma alanının en güneyinde Kurtul ve Dürdane köyleri dolaylarında görülür. “Muratoba kaba rüsubları serisi” (Erk, 1942), “Dürdane formasyonu” (Genç vd, 1986), “Muratoba formasyonu” (Ece, 1990) gibi farklı adlarla çeşitli araştırmacılar tarafından adlandırılmış ve incelenmiştir. Dürdane

formasyonu genel olarak kırmızı, mor, kahve renkli, yer yer boz-yeşil orta ve kalın katmanlı çakıltaşı, kumtaşı, çamurtaşı ve kilaşlarından oluşan bir birimdir. Delta ve sığ deniz ortamlarında depolanmış çökelleri yansıtır (Erk, 1942; Genç vd, 1986; Ece, 1990). Dürdane formasyonundan elde edilen tek paleontolojik yaş bulgusu Genç vd. (1986)’nin çalışmasında görülür. Araştırmacılar elde ettikleri fosil bulgularına dayanarak birimin yaşını Orta Eosen (Alt-Orta Lütesiyen) olarak vermişlerdir. Daha geç dönemlerde aynı bölgeyi çalışmış olan Ece (1990) ise Erk (1942) ve Genç vd. (1990)’nin veri ve görüşlerini birleştirerek birimin çökeline Orta Eosen’de başladığını ve çökelinin Erken Oligosen’e kadar sürmüş olduğunu savunmuştur.

Bayat formasyonu Gençali köyü güneyinde yüksek kesimlerde yüzeyleyir ve dağ silsilesinin uzanımına paralel olarak D-B yönünde uzanır. Önceki çalışmalarda birim “Bayat serisi” (Erk, 1942), “Derbent Formasyonu” (Bargu, 1982, Bargu ve Sakıncı, 1989), “Kayacıkçayırı formasyonu” (Genç vd., 1986), ve “Bayat formasyonu” (Ece, 1990) gibi adlarla tanıtılmıştır. Bayat formasyonu litolojik olarak bej-sarı renkli fosilce zengin sığ denizel kireçtaşları, yer yer şeyl bantları ve tüflerden oluşan bir birim olarak tanımlanır. Paleontolojik verilere göre birim Orta Eosen (Orta-Üst Lütesiyen) yaşlıdır (Erk, 1942 ve Genç vd , 1986 ). Yapılmış olan ortam yorumları Bayat formasyonunun sığ denizel ortamda çökelmiş karbonat egemen bir istif olduğunu ve birimin çökeline andezitik bir volkanizmanın eşlik ettiğini ortaya koymaktadır.

Kurbandağı formasyonu çalışma alanında, Gemlik güneyi Tuzla burnu doğusundan İznik Gölü’ne kadar olan alan içerisinde geniş bir yayılıma sahiptir. Bu birim altta az miktarda piroklastik kaya arakatıkları içeren tipik bir fliş istifi, üstte ise andezitik lav,

tüf ve diğer piroklastik kayaların egemen olduğu ve kumtaşı, marn, silttaşı ve az oranda kumlu kireçtaşı gibi sedimenter kayalardan oluşan bir volkano-tortul topluluktan meydana gelmektedir. Birimin alt düzeyleri Ece (1990) tarafından “Umurbey Formasyonu” adı altında ayrı bir formasyon olarak, üst düzeyleri ise “Kurbandağı Formasyonu” olarak adlandırmıştır. Genç vd (1986) ise bu iki düzeyi birleştirerek “Kurbandağı Formasyonu” olarak tanımlamışlardır. Kurbandağı formasyonunun alt seviyelerindeki az volkanik katkılı fliş istifi genelde Tuzla burnu güneyi ve güneydoğusunda bir yayılım gösterirken, üst seviyelerindeki yaygın volkanik kaya içeren volkano-tortul topluluk ise İznik Gölü güneybatısında yer alır. Kurbandağı formasyonunun alt kesimleri yüksek sıcaklıktaki andezit volkanizmasının çeşitli ürünlerinin derin denizel ortamda ayrışması sonucu oluşmuştur. Bol fosilli (nümmülit, pelecypod) üst kesimler ise sığ denizel ortamın temsilcisidir (Ece, 1990). Erk (1942) ve Genç vd (1986) paleontolojik verilere göre Kurbandağı formasyonuna Orta-Üst Eosen yaşını vermiştir.

Engürücük güneyi ve dolayları ile Gençali-Kurşunlu arasında yayılım gösteren Katırlı formasyonunun en önemli özelliği içerdiği kalın jips yataklarıdır. Genel olarak evaporatik kayalar, bitümlü şeyl-çamurtaşı ve kömür oluşumları içermektedir. Tabanda killi-kumlu serinin üzerine laminalı organik maddece zengin siyah şeyller ve jipsler gelmekte, bunun üzerine dolomit-kireçtaşı-jipsli seriler, masif jips, yeşilimsi tüfler, silttaşı-şeyl ardalanması ve en üstte ise açık renkli volkanik tüflerle devam etmektedir (Ece, 1990). Organik gerecin zengin olduğu seviyelerde yer yer 70 cm ye ulaşabilen kömürlere rastlanmaktadır (Genç vd., 1986). Katırlı formasyonu sığ bir deniz ile ilişkili lagün ortamında geliştiği belirtilmiştir. Kömürler ise aynı sistem içindeki delta-bataklık türü bir ortamda meydana gelmiştir (Erk, 1942; Genç vd., 1986; Ece, 1990). Katırlı formasyonuna ait bir yaş verisi olmamakla birlikte yapılan korelasyonlar ve benzetmeler sonucu birimin Üst Eosen veya Oligosen yaşlı olabileceği belirtilmiştir (Genç vd., 1986).

#### **2.4. Neojen Birimleri**

Çalışma alanında Neojen’i temsil eden tek birim Ovaakça formasyonudur. Bu birim inceleme alanında çok yaygın görülmemekle birlikte Umurbey güneyi ve Kocadere yakınlarında gözlenebilmektedir. Birim, çakıltası, kumtaşı, kıltaşı ve marn türü çökel kayalarıyla karasal bir ortamı temsil etmektedir. Ovaakça formasyonu Neojen öncesi

birimler üzerinde uyumsuz olarak gelir. Formasyona ait bir yaş bulgusu bulunmamakla birlikte birimin yaygın olarak mostra verdiği alanlardan (Yenişehir-İnegöl dolayları) elde edilen verilere göre yaşı Orta-Üst Miyosen'dir (Altınlı, 1973; Genç vd., 1986).

## **2.5. Kuvaterner Birimleri**

Çalışma alanında görülen Kuvaterner birimleri alüvyon, alüvyal yelpaze, bataklık, göl taraçası ve plaj çökellerinden oluşur.

Bölgedeki en geniş iki düzlük Gençali kuzeyindeki Büyükdere düzlüğü ile İznik Gölü batısındaki Orhangazi düzlüğü yaygın alüvyon örtüyle kaplıdır. Alüvyonlar, bölgede yüzeylenen tüm birimlerin kum, kil, silt, çakıl boyutundaki elemanlarından oluşurlar ancak toprak örtüsü nedeniyle çok açık olarak izlenememektedirler. Bölgedeki alüvyon alanlar çoğunlukla zeytin ağacı bahçeleri ile işlenmiştir.

Adliye köyü batısında orta genişlikte bir yatağa sahip olan Kocadere (Büyükdere) batıya doğru daha da genişleyerek güneyden gelen başka bir kol ile birleşerek tek kol halinde Gençali ovasına açılır. Adliye köyü batısında Kocadere yatağı içerisinde 2-5 m kalınlığında görülen akarsu çökelleri yer yer bloklar ve oldukça iri çakıllardan oluşur. Bu kesimler nehrin yüksek enerjili dönemini temsil etmektedir. Batıya doğru iri çakıllı depoların üstüne 2-3 m kalınlığında killi-siltli ince taneli çökeller gelir ve düşük enerjili ortamı ifade ederler (Şekil 2.3). Büyükdere'nin Marmara Denizi'ne döküldüğü Dereagzı mevkinde bir delta oluşturur. Delta kıyısı boyunca lagüner bataklıklar sıralanır. Ovanın değişik yerlerinde bataklık niteliği taşıyan alanlar mevcuttur. Bu tür alanlarda yaygın bitki (sazlık) ve su örtüsü nedeniyle mostra görmek genellikle mümkün değildir. İzlenebildiği kadarıyla bu kesimlerde koyu renkli çamurlar birikmeye devam etmektedirler. Bataklık çökellerinin en tipik izlenebildiği alan Tuzla burnu civarında (Afyon Tepe KB'sı) sahil boyunca gözlenen doğal yarmalardır. Bu yarmalarda kırmızı-kahverengi çamur seviyeleri yer alır. Afyon Tepe kuzeyinde daha önce yapılmış bir takım sondaj çalışmalarında alttaki denizel kumun üzerinde bataklık çamuru olduğu görülmüştür. Tuzla burnu kuzeyinde ve Büyükdere deltası güneyinde plaj çökelleri görülür. Bu çökeller kum, çakıl boyutunda, , iyi boylanmış ve iyi yuvarlanmıştır.

Alüvyal yelpazeler genellikle ovanın güneyinde, Gençali hattı boyunca uzanan ana fayın önünde görülürler. Çoğunlukla Bayat formasyonu ve Katırlı formasyonuna ait

değişik boyutlarda, köşeli ve tutturulmamış çakıllar ve bunlarla birlikte görülen kil, kum ve çamurları içerirler. İnceleme alanındaki diğer alüvyal yelpaze gelişimi İznik Gölü GB'sında görülür ve bunlar güneyden Gemiç dağlarından taşınan alüvyon malzemesiyle beslenmiştir. Bu alanda yapılmış olan kazı çalışmalarının bazılarında oldukça düzensiz ve herhangi bir stratigrafisi olmayan kalın çökel paketlerine rastlanmıştır. Yer yer içlerinde iri çakıllar ve bloklar içeren bu çökellerin bu alanda bir sellenme dönemine işaret edebileceği düşünülmüştür. Çeşitli araştırmacıların yaptığı kazı çalışmalarının ilk 4 m'si içinde kiremit, porselen, at nalı gibi insan yapımı eski malezemeler bulunmuştur. Bunların bazılarının Osmanlı dönemine ait olduğu arkeolojik yaşlandırma ile belirlenmiştir. Rastlanan bu kültürel parçalar bu çökellerin Holosen'de depolanmış olduğunu ifade etmektedir ( Ikeda, 1991).



Şekil 2.3 Kocadere boyunca görülen akarsu çökelleri.





Şekil 2.4 Umurbey güneyinde görülen kuvaterner çökeller

İznik Gölü'nün batı kenarı kum ve çakıllardan oluşan bir plaj sahasıdır. Göl den ova tarafına gidildikçe yer yer göl seviyesinden 2-3 m yükseklikte de kumul sırtları gözlenmektedir. Bu alandaki tarlalar da kumlu ve çakıllıdır. Ova tarafı sazlıklarla kaplı bataklık bir sahadır. Burası aynı zamanda Gölayağı derenin kaynak alanıdır.

Göl batısındaki Kuvaterner birimleri içerisinde göl taraçaları da yer almaktadır. Bu taraçalar gölün seviye değişimlerini ifade eden çökel depolarıdır. Orhangazi'den Gemlik'e giden anayolun kenarında 3-4 m kalınlığında, sarımsı kahverenkli killi kum depoları görülmüştür ( Şekil 2.6b). Bu depolar 105-110 m kotunda olup üstlerine çapraz tabaklanmalı, kahvemsî sarı, ince çakıllı kumdan oluşan akarsu çökelleri yerleşmiştir. Yine gölün batısında Sıraormanlar mevkiinde görülen 2 m'lik bir yarmada, altta homojen, kırmızı demir bantları ve gölsel kavkı içeren ince çakıllı kum, onun üstünde seyrek çakıllı ve yer yer kavkı parçaları içeren sarımsı ince kum yeralmaktadır (Şekil 2.5, Şekil 2.6a). Bu paketin üstüne heterojen, tane yönelimi düzensiz orta-iri çakıllı, kumlu ve çapraz tabakalı bir paket gelir. Çakıllar genellikle kuvarsit, kumtaşı ve andezit çakıllarıdır. Bu dizilimiyle istif, altta gölsel ve onun üzerine gelen akarsu çökellerinden oluşan bir depodur. Bu bölgede gözlemler yapmış olan Chaput (1936) da gölün batısında bu tip depolar belirlemiş ve bunların eski İznik Gölü'ne ait taraça depoları olduğuna işaret etmiştir. Tanoğlu ve Erinç (1956) bu taraçaların Pleistosen yaşlı olabileceğini öne sürmüştür.



Gölün sularını Gemlik körfezine taşıyan Gölayağı dere, batıda dar ve derin bir boğaz olan Karsak boğazı boyunca akar. Boğaz çıkışını hemen önünde Gemlik’e doğru yayılan bir delta uzanır. Aynı zamanda Gemlik depresyonu olarak ifade edilen bu alan kısmen su altında kalmış kısmen de ovadır. Yerleşim alanı olması nedeniyle bu alandaki delta çökelleri tanımlanamamıştır. Ancak ovada daha önce yapılmış olan sondaj çalışmalarında altta denizel kum ve üzerinde çamur olduğu tespit edilmiştir. Gemlik ovasının kuzey ve güneyinde küçük boyutta alüvyal yelpazeler gelişmiştir.

İnceleme alanındaki diğer bir Kuvaterner birimi, Umurbey güneyindeki yol yarmalarında görülür. Kızıl-kahvemsı renkte killi-siltli malzeme içerisinde düzensiz yönelimli, orta tuturulmuş, farklı boyutlarda rekristalize kireçtaşı, kuvarsit, kumtaşı ve andezit çakıllarından oluşur ve daha çok, eski bir yamaç döküntüsü görüntüsü sunar.



Şekil 2.5 Sıraormanlar mevkiinde görülen akarsu taraçaları

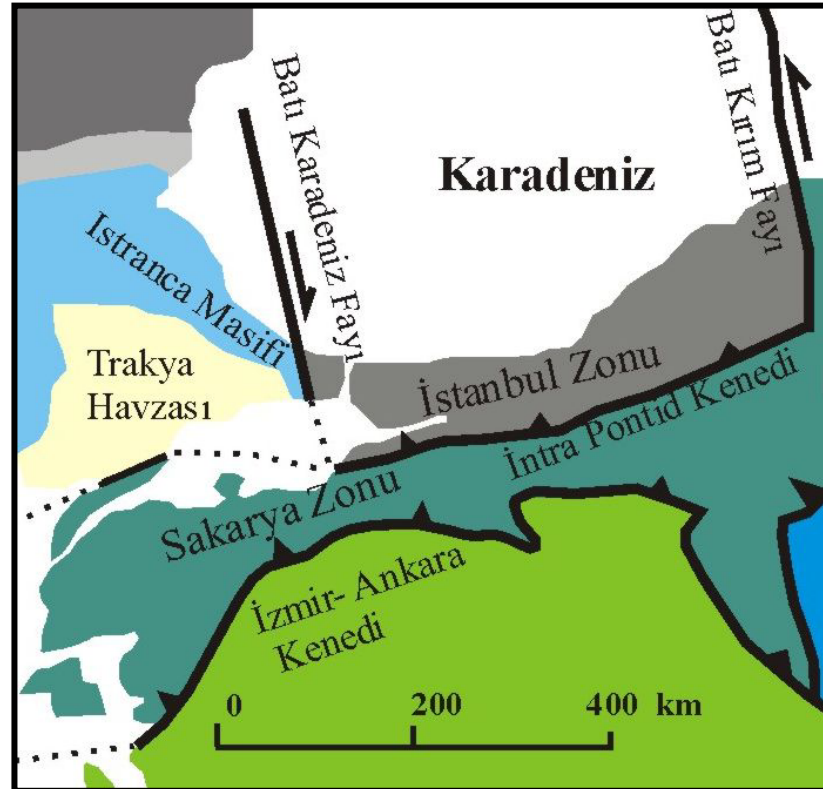


Şekil 2.6 (a) Akarsı taraçalarına yakından bakış (b) Orhangazi-Gemlik yolu batısında görülen kum depoları

## BÖLÜM 3 BÖLGENİN PALEO- VE NEO-TEKTONİK ÖZELLİKLERİ

### 3.1. Paleotektonik dönem

Gemlik bölgesi, Armutlu Yarımadası'nın güney kesiminde Batı Pontid tektonik birliği içinde “Sakarya kıtası” (Yılmaz, 1981; Yılmaz vd., 1995) ve ya “Sakarya zonu” (Okay vd., 1990) olarak tanımlanan birlik içinde yer alır. Armutlu Yarımadası Intra-Pontid okyanusunun kapanması sonucu meydana gelen suture zonu içinde yer alır (Şengör ve Yılmaz, 1981). Erken Jura'da açılmaya başlayan Intra-Pontid okyanusu Mastrichtiyen başlarında kapanmıştır. Kapanma sonucunda, Sakarya kıtası kuzey kenarı boyunca İstanbul zonu (Şekil 3.1) ile çarpışmıştır (Yılmaz 1990, Okay ve diğ., 1999).



Şekil 3.1 Kuzeybatı Anadolu'nun tektonik haritası ( Okay ve Tüysüz, 1999)

Çarpışma sonucu, İntrapontid okyanusunun ofiyolitik kayaları güney yönünde Sakarya kıtası kuzey kenarı üzerine itilerek yerleşmiştir. Bu ağır nap yükü nedeniyle

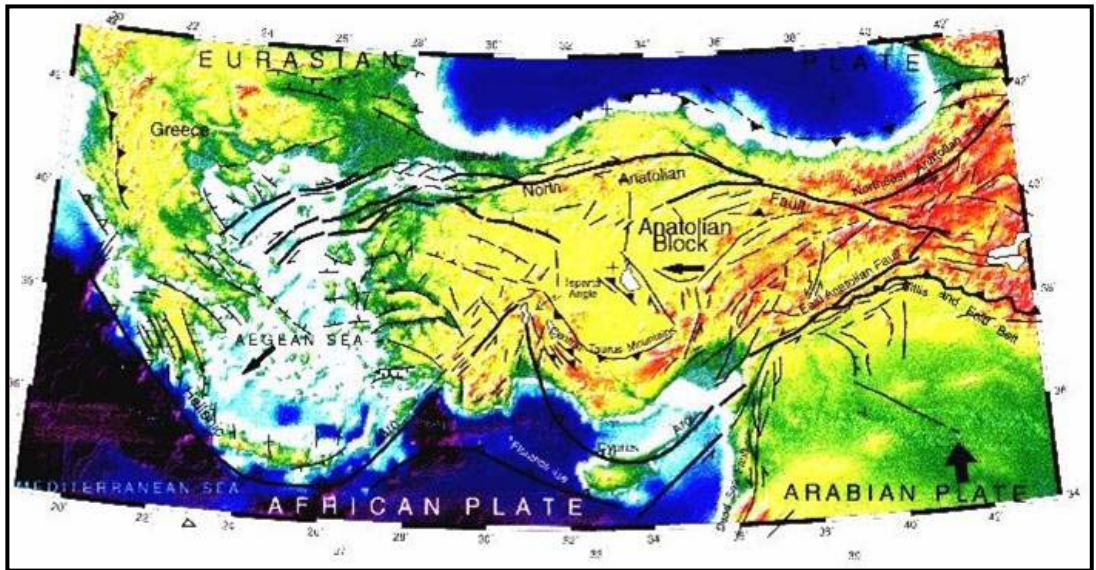


yaklaşık 13-15 km derinlere gömülen Sakarya kıtası kuzey kenarında yer alan kaya birimleri yeşilşist fasiyesinde metamorfizmaya uğrayarak İznik metamorfik topluluğu olarak tanımlanan birimi oluşturmuştur (Yılmaz vd, 1990, 1995). Bunu izleyen dönemde, olasılıkla Üst Maastrichtiyen’de, ofiyolit ve metamorfik kayalar yeni bir transgresyonun birimleri tarafından örtülmüştür. Gemlik kuzeyinde, Kuzey Anadolu Fayı’nın kuzey kesimlerinde yüzeyleyen Triyas ve Jura yaşlı metamorfik kayalar İznik metamorfik topluluğunun bazı ünitelerine karşılık gelmektedir. Bu formasyonlar yayönü volkanizması ile oluşmuş Eosen filiş ve volkanikleri ile örtülmektedir.

İstanbul ve Sakarya zonları, Intra-Pontid okyanusunun kapanması sonucu oluşan kenet kuşağı boyunca birleşerek su üstüne çıkmış ve bölge karasal aşınım alanı haline gelmiştir (Okay ve diğ., 1995). Erken-Orta Miyosen boyunca bu kara kütlesi üzerinde sıcak ve nemli iklim koşulları altında gerçekleşen bir düzleşme (peneplenleşme) dönemi oluşmuştur (Emre ve diğ.,1997).

### 3.2. Neotektonik Dönem

Anadolu’da ana neo-tektonik dönem Orta Miyosen sonu-Üst Miyosen’de Arap-Afrika levhalarının Anadolu ile çarpışması ile başlar. Bu çarpışma sonucu Doğu Anadolu yükselirken, KAF (Kuzey Anadolu fayı) ve DAF (Doğu Anadolu fayı) adlı iki transform fay ile kuzeyde ve doğuda sınırlanır ( Şekil 3.2).



Şekil 3.2 Türkiye’nin başlıca neotektonik yapıları

Bu iki büyük transform sistem arasında kalan Anadolu levhasının batıya doğru kaçmaya başlaması ile Türkiye'nin temel neotektonik çatısı oluşur ( Şengör, 1980; Şengör ve diğ., 1985; Şaroğlu, 1985). Doğrultu-atımlı sağ yanal bir fay olan KAF'ın oluşum yaşı ile ilgili çeşitli görüşler olsa da ortak görüş Geç Miyosen ile Erken Pliyosen arasında bir zamanda oluştuğuna dairdir.

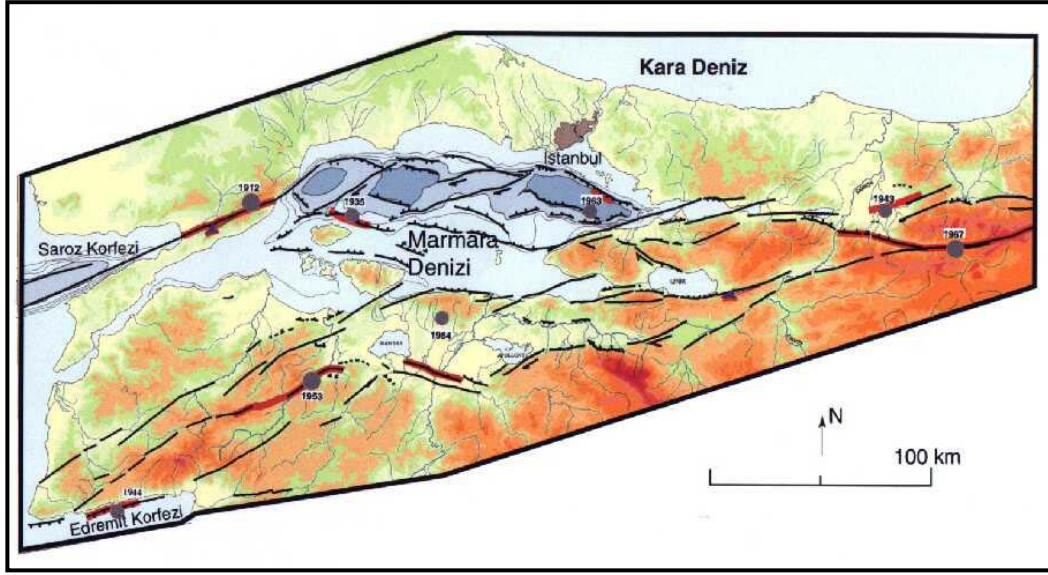
Çalışma alanının içinde bulunduğu Marmara Bölgesi, Kuzey Anadolu fayının doğrultu atımlı rejimi ile Ege'nin gerilmeli tektoniğinden etkilenen bir geçiş bölgesini temsil eder ( Gürbüz ve diğ., 2000).

Emre ve diğ. (1998)'e göre ise bölgedeki neotektonik dönem, tüm Marmara'yı da etkileyen Geç Miyosen-Pliyosen ve Geç Pliyosen-Günümüz olmak üzere iki ayrı dönemden oluşmaktadır. Geç Miyosen-Pliyosen K-G yönlü sıkışma tektonik rejimi, Geç Pliyosen-Günümüz ise KAF zonu ile temsil edilen transform karakterli yatay tektonik hareketler evresi olarak ifade edilmektedir. Geç Miyosen-Pliyosen tektonizmasına ait ilk evre yapıları K-G yönlü sıkışma rejimi içerisinde gelişmiş KD-GB, KB-GD uzanımlı ve birbirine çapraz uzanan doğrultu atımlı faylar (günümüzde inaktif) ile bunlara eşlik eden D-B uzanımlı kıvrımlardan oluşur. Bu sıkışma rejimi içerisindeki bölge Geç Miyosen-Erken Pliyosen boyunca yükselerek deformasyona uğrar. Erken Pliyosen sonlarına doğru denizel alanlar parçalanarak kapanmış ve tüm bölge karasal süreçlerin etkisine girmiştir. Denizel havzaların kapanması ile sonuçlanan morfolojik değişim kıvrımlar yanında büyük ölçüde KD-GB ve KB-GD uzanımlı fayların devreye girmesiyle sağlanmıştır. Doğrultu atımlı fayların egemenliğindeki bu deformasyon evresi Doğu Marmara'nın morfolojik olarak maksimum yükselme dönemidir. Bölgede etkin olan K-G sıkışmalı tektonik rejim en Geç Pliyosen sonunda KAF'nın ortaya çıkışı ile yerini yanal yönlü yırtılmalarla tanımlanan transform karakterli bir tektonik rejime bırakır (Emre ve diğ., 1998).

### **3.3. Kuzey Anadolu Fay Zonu'nun Marmara Bölgesi'ndeki uzanımı**

Yaklaşık 1500 km uzunluğundaki Kuzey Anadolu fayı doğuda Karlova üçlü ekleminde başlayıp batıda Kuzey Ege Denizi'ne kadar uzanır. Bolu'ya kadar dar bir zon halinde uzanan fay, vadinin batısında üç kola ayrılır (Şekil 3.2). Bu kollar kuzey, orta ve güney kol olarak adlandırılmıştır (Barka ve Kandinsky-Cade, 1988). Kuzeydeki kol Sapanca gölü, İzmit körfezi doğrultusunda Marmara Denizi'ne ulaşır ve Kuzey Marmara Denizi havzalarını oluşturur. Sonrasında Gaziköy'den Saroz Körfezi'ne kadar ilerleyerek Kuzey Ege Denizi'ne uzanır. Orta kol Mudurnu

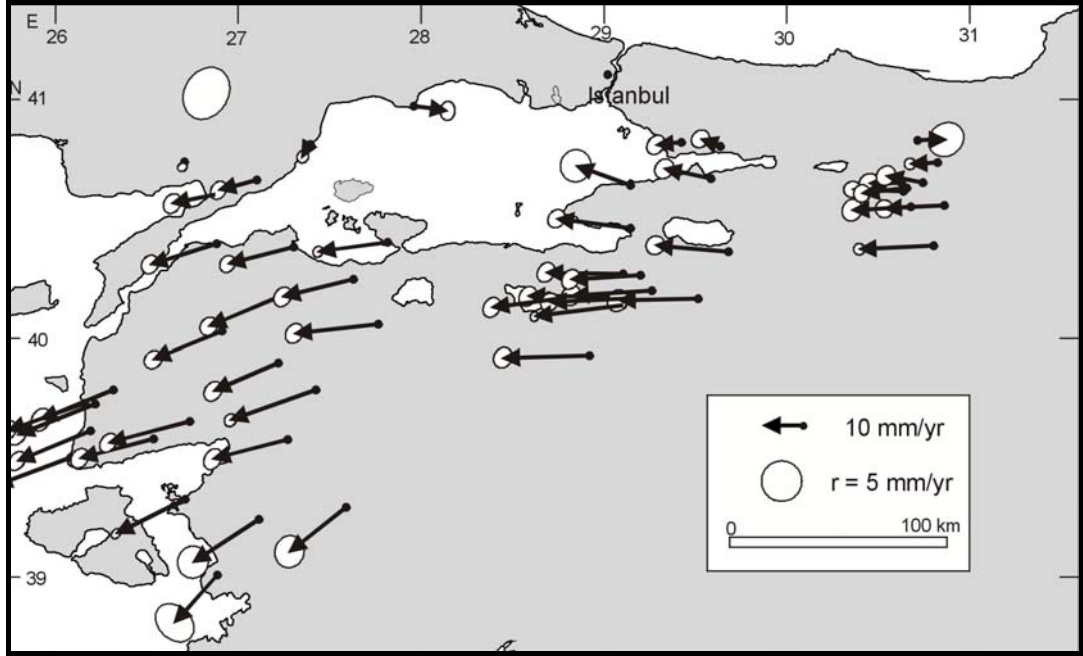
Vadisi'nde ana hattın GB yönünde ayrılır ve Geyve-Pamukova havzasını oluşturarak Mekece-İznik Gölü güneyinden Gemlik Körfezi'ne kadar ulaşır. Gemlik Körfezinden batıya deniz içinden devam eden orta kol, Bandırma-Biga yarımadası boyunca karadan ilerleyerek Ege Denizi'ne uzanır. Güneydeki kol ise Yenişehir, Bursa, Manyas, Gönen ve Pazarköy hattını takip ederek Edremit Körfezi'ne kadar uzanan bir alanı izler (Barka, 1992; 1996; 1997).



Şekil 3.2 Kuzey Anadolu Fay Zonu'nun Marmara Bölgesi'ndeki kollarının dağılımı (Barka ve Kandinsky-Cade, 1988)

GPS hızlarına göre bu üç kol farklı hareket hızları göstermektedir. 1990-1996 yılları arasında Marmara Bölgesinde yürütülmüş olan dört GPS kampanyasının sonuçlarına göre (Straub ve diğ., 1997) kuzey kol diğer iki kola göre çok daha aktif bir fay sistemidir. Çok parçalı kısa segmentlerden oluşan güney ve orta kol arasında aktivite olarak çok fark olmamasına rağmen orta kol güney kola göre daha az aktiftir. İstanbul sabit alınarak yapılan ölçümlerde Anadolu levhasının batıya olan hareketi en güney Marmara bölgesinde toplam  $22 \pm 3$  mm/yıl dır ( Straub ve diğ., 1997). Yaltırak (2000)'in, KAF'ın Trakya-Eskişehir fayında yaptığı ötelenmelere göre yaptığı hesaplamada, Anadolu'nun batıya göçünün %77.7'sini kuzey kol, %9'unu orta kol, % 13.3'ünü güney kol almaktadır. GPS verileri KAFZ'nunun kuzey zonunda kuvvetli bir sağ yanal makaslama ve bir miktarda sıkışma olduğunu göstermektedir. Güneyde KAF'ın Gemlik kolunda ise gerilme ve az oranda sağ yanal makaslama meydana gelmektedir. En yüksek yamulma oranı kuzey kol üzerinde olup en az yamulma ise orta kol üzerindedir. Öte yandan normal yamulma oranlarına göre İzmit

Körfezi yüksek sıkışma altında iken Gemlik kolu ve Bursa gerilme altındadır. Üç kol üzerinde GPS hız vektörlerinin dağılımına göre, kuzey kol üzerindeki hareket 16-17 mm/yıl, orta kol üzerinde 1-2 mm/yıl, güney kol üzerinde ise 3-4 mm/yıl olarak ifade edilebilir ( Şekil 3.3).



Şekil 3.3 1990, 1992, 1994 ve 1996 GPS kampanyalarından elde edilen vektörel hızlar (Straub ve diğ., 1997).

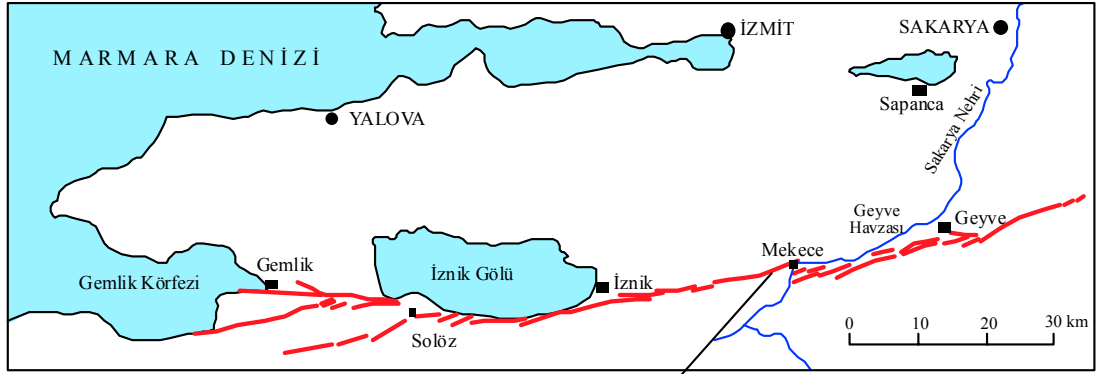
Çalışma alanının içinde bulunduğu Armutlu Yarımadası kuzeyde ve güneyde KAF kontrollü iki lineer, pull-apart havza dizisi ile sınırlanmıştır. Kuzeyde Adapazarı ovası-Sapanca Gölü-İzmit körfezi, güneyde ise Pamukova havzası-İznik Gölü-Gemlik Körfezi serileri fay kontrollü gelişmiş morfolojik yapılardır (Yılmaz ve diğ.,1995; Erendil ve diğ., 1988). Bu açıdan Armutlu yarımadası tektonik konumu itibariyle KAF’ın hareketlerinden doğrudan etkilenen bir bölgedir.

#### 3.4. KAF Zonunun Doğu Marmara Bölgesindeki Orta Kolu

KAF’ın orta kolu olarak adlandırılan fay zone Geyve doğusunda başlar. Geyve-Gemlik arasında yaklaşık 150 km uzunluğunda morfolojik bir koridor oluşturur. KAF’ın bu koridorda paleotektonik döneme ait eski bir faya karşılık geldiği ve günümüzdeki aktif fayın bu eski fayın reaktivite olmuş şekli olduğu öne sürülmektedir (Yılmaz ve diğ., 1995).

Geyve-Gemlik arasında fay zone kademeli (én echelon) faylarla uzanır ( Şekil 3.4). Önceki çalışmalara göre, bu kademeli yapı neticesinde Geyve-Pamukova havzası,

İznik Gölü ve Gemlik Körfezi taban topoğrafyasına karşılık gelen çek-ayır havzalar gelişmiştir (Barka, 1992; Barka ve Kuşçu, 1996; Emre ve diğ., 1998). İznik-Geyve arasındaki fay zonu Tsukuda ve diğ.(1988) tarafından Geyve fayı ve İznik fayı olarak iki ayrı segment olarak ayırtlanmıştır. Bu kesimde fayın sağ yanal doğrultu atımlı karakteri morfolojik yapılarla desteklenmektedir. Bu yapılar ötelenmiş dereler, üçgen yüzeyler ve fay şevleridir. Geyve segmenti Mudurnu vadisi doğusu ile Mekece arasında yaklaşık 45 km boyunca uzanır. Mekece ile İznik Gölü güneyinde Sölöz'e kadar olan kesiminde ise İznik segmenti yer alır ve yaklaşık 60 km uzunluğundadır.



Şekil 3.4 Kuzey Anadolu Fay Zonu'nun orta kolunun Geyve-Gemlik arasındaki segmentlerinin genel geometrisi ve segmentasyonu ( Barka ve diğ., 2001).

Geyve segmenti Mudurnu çayından başlayarak Geyve boğazını ve Karaçay nehrini takip ederek Bozviran'ın kısmen doğusunda sonlanır. Sakarya nehri Geyve havzasında D-B doğrultu kazanarak 14-21 km arasında sağ yanal olarak ötelenmiştir (Barka, 1992). Bu segment tümüyle sağ yanal doğrultu-atımın morfolojik



geometrisini gösterir. Bozviran-Mekece arası ise sağ yanal doğrultu atımın bir genişleme zonu olup, bu kesim doğrultu atımlı faylarla birlikte işleyen normal fay karakteri gösterir. Mekece-İznik arasındaki İznik segmenti tümüyle bir doğrultu atım fay geometrisi ile izlenir (Bülent Doğan sözlü görüşme, 2002). Mekece batısına doğru B-GB istikametinde devam eden fay Kaynarca'dan geçerek İznik Gölü'nün güneyine doğru uzanır ve Çerkeşli ile İznik gölü arasında genelde gölün güney kenarı boyunca izlenir. İznik Gölü güneyinde, kuzey blok fay boyunca düşmüştür.

### 3.5. Gemlik Fay Zonu

Orta kolun İznik Gölü ile Gemlik Körfezi arasındaki devamı bu çalışmada Gemlik fay zonu olarak adlandırılmıştır. Geyve doğusundan İznik Gölü'ne ve güneyde Sölöz deltasına kadar oldukça belirgin bir izi olan orta kol ( Şekil 3.5), aynı zamanda bu hat boyunca sağ-yanal doğrultu atımlı karakterini de net bir şekilde ortaya koymaktadır.



Şekil 3.5 Orta kol ve Gemlik Fay Zonu'nun radar görüntüsündeki çizgiselliği (NASA, 2002)

Sölöz deltası güneyinde batıya doğru bir sıçrama yapan fay bu alandan itibaren kompleks bir görünüm sergiler. Başka bir deyişle doğuda dar bir zon halinde uzanırken, gölün batısında bu zon genişler ve morfolojik çizgiselliği belirginliğini kaybeder. Fay zonu, Gemlik körfezine kadar olan alanda çeşitli segmentlere ayrılır. Bu bölümde bu faylar, İznik Gölü-Karsak ve Karsak-Gemlik Körfezi zonu, Gençali fayı ve Tuzla burnu fayı olmak üzere dört kısım olarak incelenecektir.

Sölöz deltasının güneyinde batıya doğru sıçrama yapan fay, İznik Gölü GB'sındaki dağ önünü izler. Akharem köyünün GD'sundaki birkaç küçük dere sağ yanal olarak ötelenmiştir. Aynı zamanda bu kesimde görülen yükselmiş taraçalar fayın belirgin normal bileşenini göstermektedir. Hava fotoğraflarında güneyde dağ önünün gerisinde, aynı faya paralel başka bir normal fay görülmektedir. Bu fay üzerinde gelişmiş en önemli morfolojik özellik gözlenen üçgen yüzeylerdir (triangular facet). Ancak batıya doğru morfolojideki izi kaybolur.



Şekil 3.6 Akharemd GD'sunda görülen yükselmiş kıyı taraçaları. Fayın geçtiği hat kırmızı çizgi ile gösterilmiştir.

Dağönü fayı ise Mamure köyünden batıya, 3 km sonra güneye doğru bir sıçrama daha yaparak Gürle köyleri ile Karsak köyü güneyindeki dağ sırasınının biraz gerisindeki basamaklı topoğrafyayı izler. Topoğrafyadaki bu basamaklı yapı fayın normal bileşenine bağlı olarak gelişmiştir. Belli alanlarda fayın önünde gelişmiş olan yamaç molozları dikkat çekicidir. İznik Gölü-Karsak arasındaki geniş alüvyon yelpazelerinde bölüm bölüm fay sarplıkları görülür. Saha gözlemlerine göre bu fay sarplıkları kuzey bloğu aşağıda bir morfoloji sergiler. Akharem köyünün doğusundaki zeytin bahçelerinde 1-1,5 m yüksekliğinde, K70-80B doğrultusunda sarplıklar görülür. Orta kolun bu alanda normal fay karakterinin baskın olması, bu sarplıkların dağönündeki faya bağlı olarak olmuş olabilecek ikincil normal faylar olabileceğini göstermektedir.



Şekil 3.7 Akharem doğusunda görülen ~2 m yüksekliğindeki şev.

Düşey sarplıklar İznik Gölü ile Karsak arasında 10 km'lik hat boyunca izlenebilmektedir. Bu şev yaklaşık D-B doğrultusunda olup düşey bir bileşene sahiptir. Şev yüksekliği genellikle 0.5-2.5 m arasında değişirken ( Şekil 3.7), İznik gölü'nün güneybatısında Mamure (Gölyaka)'de 4-5 m yi bulmaktadır ( Şekil 3.8). Mamure'deki sarplık aynı zamanda eski göl kıyı çizgisine karşılık gelmektedir. Bahsedilen 10 km'lik çizgisel sarplığın bir fay izi olup olmadığı şüphelidir. Çünkü bu şev üzerinde daha önceki ( Ikeda ve diğ.,1989) ve bu çalışmada yapılmış kazılarda yüzey de görülmekte olan sarplığı destekleyebilecek düşey yüzey deformasyonuna



rastlanamamıştır. Dolayısıyla bu hat boyunca görülen çizgisellik ancak olası bir fay izi olarak tanımlanabilir.

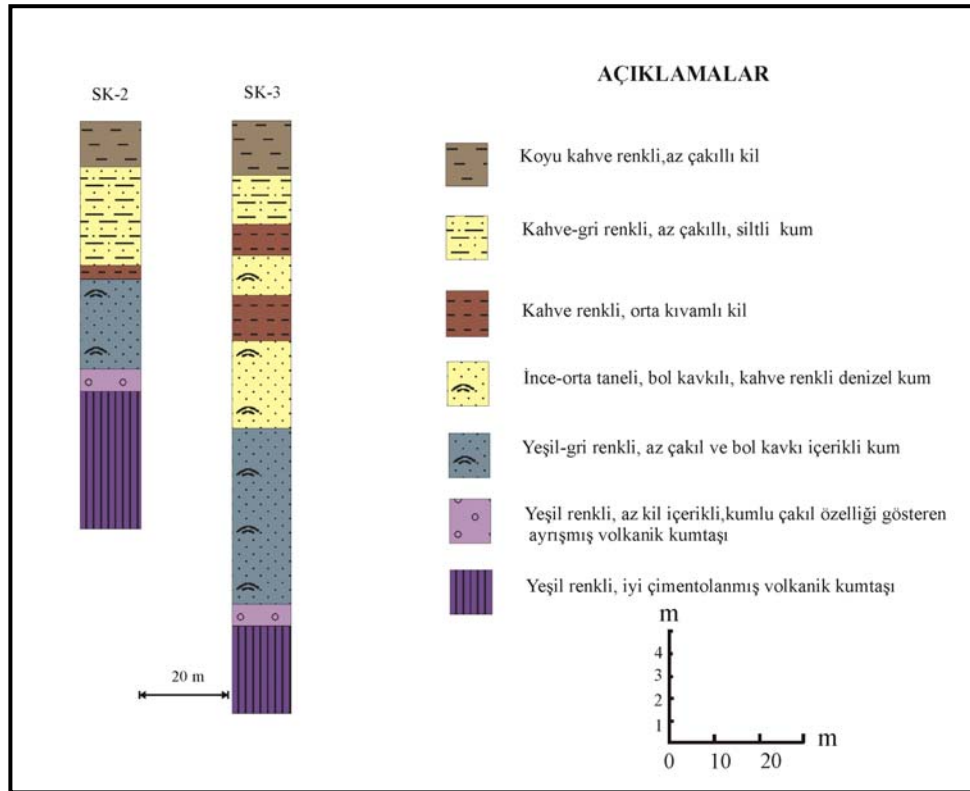


Şekil 3.8 Mamure’de görülen sarplık.

Karsak köyünün 1 km kuzeyinde de hava fotoğraflarında belirlenen bir şev mevcuttur. Arazide de görülen bu yapı, alüvyal yelpaze üzerindeki tepemsi yükseltilerin önünü sınırlar.

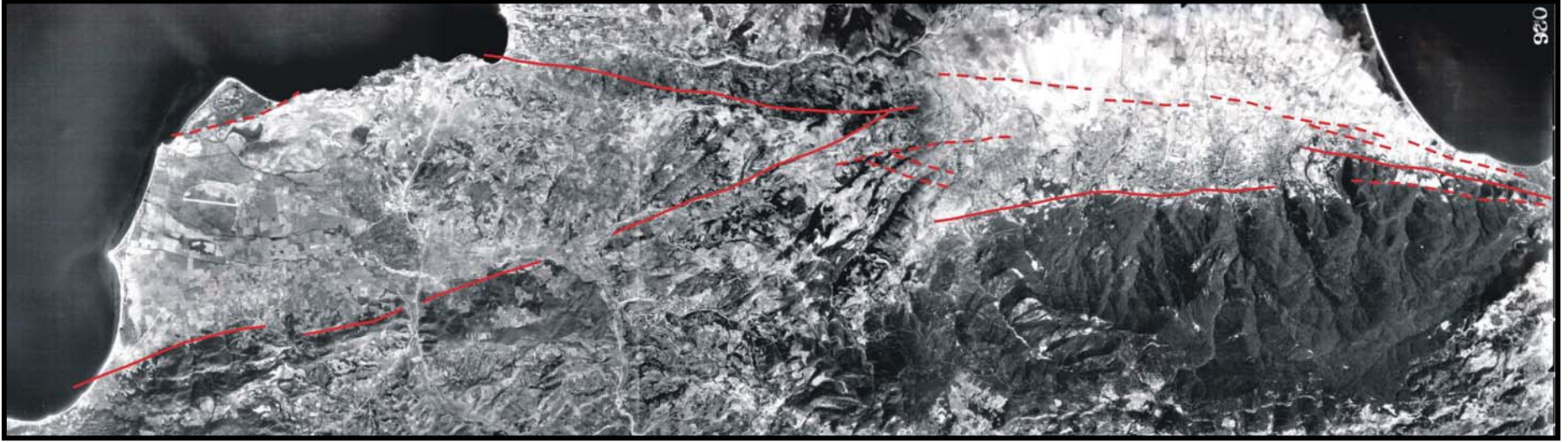
Karsak batısında fay zone, Gemlik fayı ve Gençali fayı olarak iki kola ayrılır. Gemlik fayı, Karsak ile Körfez arasında iki parça halinde D-B olarak uzanır. Karsak boğazı güneyini takiben, Güney tepe-Yumurta tepe eteklerinin kuzeyinden Umurbey’e kadar uzanan güney parça, Umurbey’den KB’ya doğru ilerleyerek Karsak deresi vadisine karşılık gelen ikinci parça ile birleşerek Gemlik ovasını güneyden sınırlayarak körfeze doğru uzanır. Kuzeydeki parça Karsak boğazının doğu girişindeki temel kayalarda topoğrafik olarak seçilebilmektedir. Hava fotoğraflarında Güney tepe-Yumurta tepe arasında, güneydeki fayın normal hareketine bağlı olarak gelişmiş oldukça belirgin fay çizikleri ve kayma zonları belirlenmiştir. Fayın Gemlik ovasını katettiği alanda ise sıcak su çıkışları ( kaplıca) bulunmaktadır. Fay, Gemlik körfezinde deniz içinde yer alırken, daha batıda Tuzla burnu güneyinde bir başka çizgisellik daha saptanmıştır. Afyon Tepe-Çömlek Tepe kuzeyini sınırlayan bu çizgisellik boyunca kuzey blok güney bloğa göre daha aşağıdadır. Çimtaş Fabrikası’nın doğu kenarı boyunca kuzeye giden yol yarmalarında, Kurbandağı formasyonu içinde genişliği yaklaşık 150 m olan bir zon içinde küçük ölçekte yanal

atımlı faylar, bindirmeler, kıvrımlar ve normal faylar görülmektedir. Yarmalarda gözlenen deformasyonların bu çizgiselliğe yakınlığı gözönüne alındığında Kamışlık mevki, Afyon Tepe ve Çömlek Tepe'nin kuzeyini sınırlayan G-GB uzanımlı çizgiselliğin fay kontrolünde geliştiği düşünülmektedir. Bu alanda yapılmış olan birtakım sondaj çalışmaları derindeki birimlerde düşey süreksizlikler olduğunu göstermektedir ( Şekil 3.9). Ancak bu fayın KAF sistemine bağlı olarak gelişmiş bir süreksizlik olduğuna dair yeterli veri bulunmamaktadır.



Şekil 3.9 Sondaj 2 ve 3'ün logu. Gri- yeşil olarak gösterilen kumlu birimin olası fayın iki tarafında farklı kalınlıklarda olması fayın bu çökel döneminde aktif olduğunu göstermektedir ( Barka ve diğ., 2001)

Gemlik fayından güneybatıya doğru ayrılan kol, Gençali fayı olarak bilinir. K65-80D gidişli uzunluğu yaklaşık 20 km olan bu fay, Adliye Köyü kuzeyi, Engürücük güneyi ve Gençali köyünden geçerek denize girer. Karsak civarında faya ait morfolojik veriler arazide belirgin olmasa da hava fotoğraflarından fayın izini belirlemek mümkündür. Daha batıya doğru, Güney Tepe-Karaağaç Tepenin güney eteklerindeki ani dikleşme bu fayla ilişkilidir ve bu hattın GB devamındaki derin vadi de fay



Şekil 3.10 İznik gölü ile Gemlik Körfezi arasında Gemlik Fay Zonuna ait segmentlerin hava fotoğrafı üzerinde belirlenen çizgisellikler





Şekil 3.11 Karaağaç tepe'nin GB'sındaki Gençali fayı boyunca uzanmış vadi.

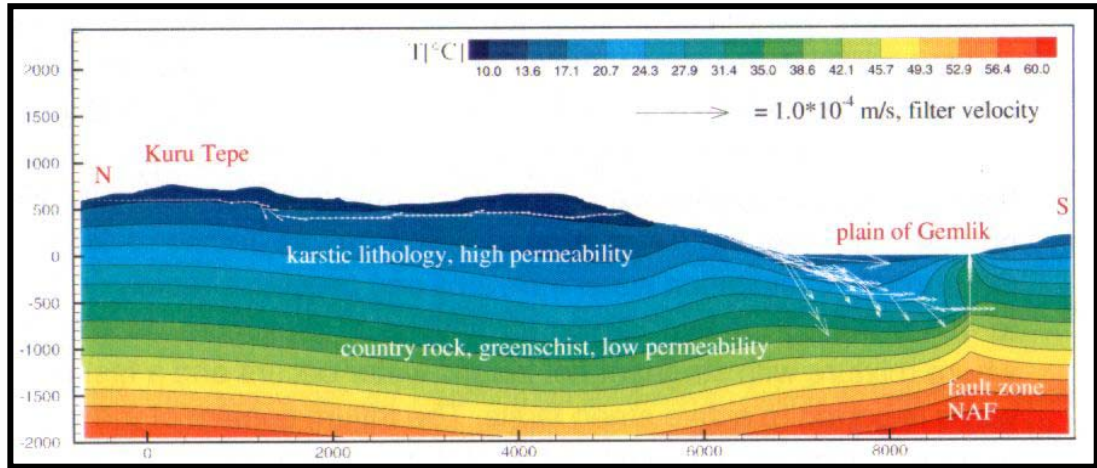


Şekil 3.12 Mal Tepe güneyindeki tepede, kireçtaşlarında görölen yan al atımlı süreksizlik



kontrollüdür (Şekil 3.11). Arpalık mevkii güneyinde Umurbey'e çıkan yoldan GB'ya bakıldığında Mal Tepe güneyindeki bir tepede kireçtaşlarında görülen yanal atımlı süreksizlik Gençali fayının doğrultusuna uymaktadır (Şekil 3.12). Bardakbağ ovasının güneyinde faya bağlı morfoloji arazide çok belirgin olmasa da hava fotoğraflarında bu çigisel tanımlanabilmektedir. Gençali civarında açık bir fay şevi görülmese de kuzeye akan bazı küçük dere vadilerinde sağ yanal ötelenmeler görülür. Orta kolun diğer kesimlerinde olduğu gibi Gençali fayı da aşınmış ve örtülmüştür.

İznik Gölü ile Gemlik Körfezi arasındaki bazı alanlarda mevcut olan kaplıcalar fay zonlarının geçtiği yerler için önemli bir işarettir. Gemlik ovasında yer alan Gemlik kaplıcası için, Pfister ve diğ. (1997)'nin yapmış oldukları iki boyutlu modellemede K-G doğrultusunda yeraltındaki topoğrafya ve litoloji ortaya konmuştur. Buna göre altta az geçirgen yeşilşist temel kayası ve üzerinde yüksek geçirgen karstik bir litoloji olduğu görülmektedir. Güneydeki şekil 2.13'de Gemlik kaplıcasının olduğu noktada, KAF'a ait kırık zonü görülebilmektedir. Sıcaklık dağılımının gösterildiği şekilde termal su kırık zonuna geldiğinde yüzeye yükselmektedir (Pfister ve diğ., 1997).



Şekil 2.13 Gemlik Kaplıcası ve civarının sıcaklık dağılımı. Yatay eksen yatay mesafeyi (m), düşey eksen ise derinliği (m) göstermektedir ( Pfister ve diğ., 1997).

## BÖLÜM 4 JEOMORFOLOJİ

### 4.1. Çalışma Alanının Jeomorfolojik Özellikleri

İznik gölü ile Gemlik Körfezi arasındaki başlıca jeomorfolojik unsurlar, kuzey ve güneydeki yüksek alanlar (dağlar), vadiler, alüvyal düzlükler, deltalar, ovalar, drenaj sistemleri, bataklık alanlar ve eski göl seviyesi ile ilintili göl taraçalarıdır (EK-2).

Bölgedeki yüksek alanlar kuzeyde Samanlı dağları, güneyde Gemiç dağlarına ait silsile ile temsil edilmektedir. Çalışma alanında maksimum yükselti noktası, Gürle köyleri güneyinde ye alan Gülle tepe'nin zirvesidir (1283 m). Gemiç dağlarının yükseltisi Umurbey'den itibaren batıya doğru azalır ve Gemlik–Bursa yolunun batısında küçük tepeler şeklinde görülür (Şekil 4.1). Ağıllarbayır Tepe'nin batısı ile körfez arasında kalan bölge hemen hemen yataydır. Ancak bu yaklaşık yatay topoğrafyada deniz seviyesinden yükseklikleri yaklaşık 30-40 m arasında değişen Afyon Tepe, Çömlek Tepe gibi küçük tepeler bulunmaktadır.



Şekil 4.1 Cihatlı Köyü'nden Gemlik ovasına bakış (GB)

Mamure-Karsak köyleri güneyinde, dağ yamaçları burdan geçen normal bileşeni baskın faya bağlı olarak basamaklı bir topoğrafya gösterir. Karsak güneyinde 2 km

genişliğinde bir fay önü molozu gelişmiştir (Şekil 4.2). Bu hattın batısında KD - GB doğrultusunda, birbirine paralel, derin vadiler görülür.

Karsak'ın kuzeybatısında dar ve dik bir boğaz, Mesozoyik kütle içine yerleşmiştir. Karsak boğazı olarak bilinen bu dar eşik aynı zamanda İznik Gölü sularını Gemlik körfezine taşıyan Karsak deresinin yerleşmiş olduğu derin bir vadidir. Boğaz çıkışının hemen önünde Gemlik'e doğru yayılan bir delta uzanır ( Şekil 4.1). Boğazın güneyindeki dağ silsilesinin yamaçları Kuzey Anadolu Fayının orta kolu ile sınırlanır. Fayın geçtiği kesimlerde kademeli bir topoğrafya izlenir. Bu morfoloji Gemlik ovasına doğru kaybolur.

Afyon Tepe'nin kuzeyinde delta görünümlü ve yaklaşık yatay topoğrafya sunan üçgen şeklinde bir alan bulunmaktadır. Afyon Tepe ile Tuzla burnu arasında bulunan bu düzlük alan tipik bir delta görünümündedir. Ancak, burada böyle bir delta oluşturabilecek bir akarsu kaynağı yoktur. Bölgede delta oluşturabilecek kapasiteye sahip tek akarsu Büyükdere'dir ve bu dere daha güneyden denize dökülmektedir. Büyükdere'nin daha önceleri Tuzla burnundan denize döküldüğü, dolayısıyla burada bugün görülen delta görünümlü yapıyı oluşturduğu düşünülebilir. Delta görünümlü bu yapının oluşumu şu şekilde açıklanabilir. Gençali Köyü ile Ağıllarbayırı Tepe arasında geniş bir düzlük bulunmaktadır. Deniz içi batimetri haritasında (Şekil x), deniz içinde bu düzlüğe doğru bir çukurluğun uzandığı görülmektedir. Dolayısıyla günümüzde düzlük olan bu alan önceleri muhtemelen bir körfezdır ve Büyükdere'nin taşıdığı kırıntılı malzemeler sonucu dolarak kıyı çizgisi bugünkü yerine itilmiştir. Bu düzlük alan körfez iken, körfezin kuzeyinde bulunan Çömlek Tepe ve Afyon Tepe muhtemelen ada niteliğindedirler. Büyükdere'nin körfezi doldurması sonucu Çömlek Tepe ile Ağıllarbayır Tepe arası da bağlanmış, aynı zamanda Gemlik Körfezi'nde batıdan doğuya doğru olan dalga akıntısı sonucu Çömlek Tepe ile Tuzla Burnu arasında KD-GB uzanımlı bir sed oluşmuştur. Bunun sonucu olarak da Çömlek Tepe, Afyon Tepe ve Tuzla Burnu arasında lagün niteliğinde sık bir su birikintisi oluşmuştur ve çevreden gelen sedimanlar ile zamanla bu lagün de dolarak günümüzde görülen ufak çaplı bataklık alanlar oluşmuştur. Dolayısıyla Afyon Tepe ile Tuzla Burnu arasında bulunan düzlük alan delta görünümünde olmasına rağmen jeolojik oluşum açısından bir deltayı temsil etmez. Büyükdere, bu düzlüğün güneyine yakın yaklaşık doğu-batı yönünde akarak körfeze dökülür. Bu düzlük alanın güney



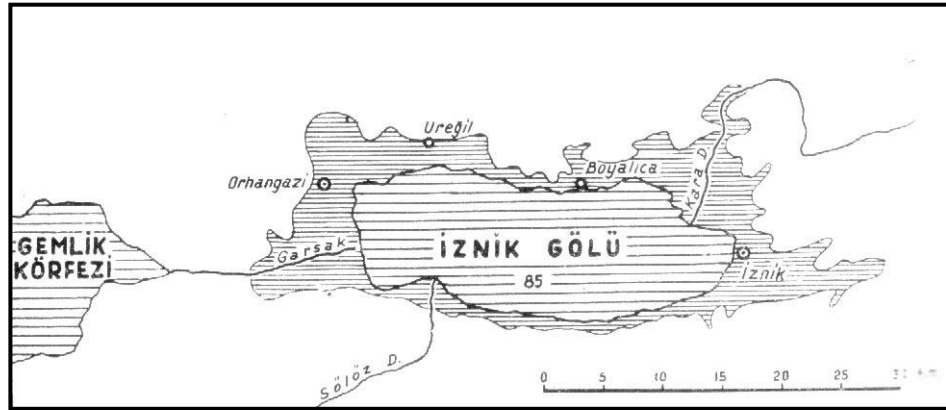
Şekil 4.2 Karsak KD'sunda dağ önünde gelişmiş fay önü molozları. Kırmızı ok fayın geçtiği yeri, sarı ok ise fay önü molozlarını göstermektedir.

kenarı yaklaşık doğu-batı yönünde uzanan dağ silsilesi ile sınırlıdır. Derenin denize ulaştığı yerde bir delta oluşumu görülür.

Gemiç dağlarının güneyinde Orhangazi ovasına doğru geniş bir alüvyal yelpaze uzanır. Bu yelpaze güneyden gelen akarsuların getirdiği alüvyonlarla oluşmuştur. Birtakım gözlemler buradaki alüvyal süreçlerin hala aktif olduğunu göstermektedir.

Örneğin, fanın yüzeyi düzdür ve akarsu sistemleriyle belirgin bir şekilde bölünmemiştir. Çeşitli yarmalarda rastlanan arkeolojik kalıntılar fanın Holosen aktivitesine işaret etmektedir ( Ikeda ve diğ., 1989). Yerel halktan alınan bilgiye göre fanın bir kısmı son dönemlerde meydana gelen sellerin malzemesiyle kaplıdır.

85 m kotunda yer alan İznik gölünün ova tarafı sazlarla kaplı bataklık bir alandır. Ovanın batısında yeralan göl taraçaları (105-110 m) göl seviyesinin geçmiş dönemde bugünkü seviyesinden daha yüksekte olduğunu göstermektedir. Ardel (1959)'e göre gerek nehir-göl depolarının, gerek taraça ve eski kıyı çizgilerinin varlığı buzul devrinde gölün bugünkü seviyesinin (85 m) üstünde 60 m kadar yükselerek geniş bir alan kaplamıştır ( Şekil 4.3).



Şekil 4.3 Buzul döneminde gölün maksimum yayılış sahası ( Ardel, 1959).

Ikeda ve diğ. (1991)'e göre göl seviyesi değişimleri hidrojeolojik sebepler bağlı olarak değil, iklimsel faktörler etkisinde değişmiştir. Gölün batısında görülen birbirine paralel plaj sırtları (beach ridges) seviye değişimlerinin göstergelerindendir. Kum ve çakıldan oluşan bu sırtlar muhtemelen Postglasiyel yaşlıdır (Ikeda, 1991).

#### **4.2. Jeomorfolojinin Sayısal Arazi Modeli ve Uzaktan Algılama Yöntemleriyle Yorumlanması**

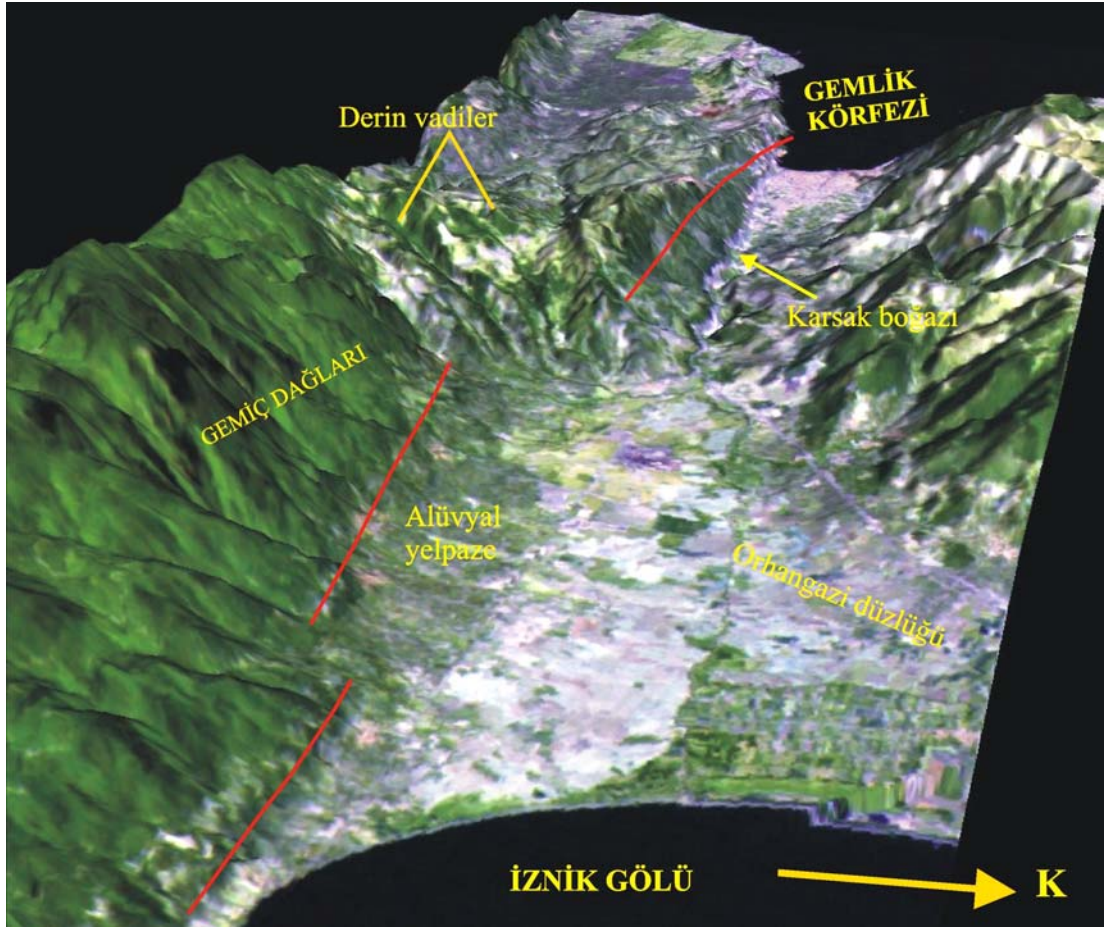
Sayısal arazi modeli, arazi yüzeyinin sayısal ve üç boyutlu olarak ifade edilmesidir. Sayısal arazi modeli, yüzey ve topoğrafya ile ilgili bütün analizleri görüntüleme ve modelleme imkanı sağlar. Yükseklik bilgisi sayesinde yeni bilgilerin yaratılması ve çalışma bölgesi hakkında iki boyutlu analiz ile mümkün olmayan değerlendirmelerin ve arazi yapılarının ortaya çıkarılması mümkün olmaktadır. Yapılan çalışmada, çalışma bölgesinin 1/25 000 ölçekli topoğrafya haritaları bütün alan bazında 50 m. de bir, fayın geçtiği alanlarda daha detay bir morfoloji elde etmek için 10 m. de bir sayısallaştırılarak veri grubu oluşturulmuştur. Sayısallaştırma işlemi için ArcView (3.1) programı kullanılmıştır ( Şekil 4.4).

Vektör veri gruplarıyla üretilen sayısal arazi modelleri yüzeyde birçok bilgiyi kapsamazlar. Günümüzde uydulardan elde edilen uzaktan algılama verilerinin kullanımı ve diğer verilerle entegrasyonunun yapılabilmesi yüzey bilgilerinin yorumlanabilmesi açısından önemli getirler sunar. Çünkü uzaktan algılama verilerinin kullanımı; bilgiye hızla ulaşılabilmesi, farklı dalga boylarında fazla ve değişik bilgilerin kaydedilmesi ve bunların kombinasyonlarının yapılabilmesi, arazi yapılarının belirli ölçekte belirlenebilmesi, sınıflandırılabilmesi, arazi örtü tiplerinin yeryüzü gerçek konumu ile bulunabilemesi gibi etkin özellikleri taşımaktadır ( Kaya, 2000).

Jeomorfolojik değerlendirmede önce uzaktan algılama verileri üzerinden tanımlanabilen yerşekilleri birçok yönden gözlenir ve yer yapısı yorumlanmaya çalışılır. Bu nedenle yerbilimlerinde önce jeomorfolojik yorumlar yapılır. Buradan hareketle arazide izlenecek konular saptanır ve araizde yapılan saptamalar bu verilerin üzerine işlenir. Uzaktan algılama verileri biçim, yapı ve arazi örtüsü bakımından önemli bilgiler sunarlar ve ayrıca fayların morfolojik özelliklerinin ortaya konması ve bölgenin genel görünümü ile akarsu ağının değerlendirilmesi bakımından faydalı sonuçlar verirler. Bu amaçla Landsat 5 TM verileri, topografik verilerle entegre edilerek arazinin üç boyutlu görüşleri elde edilmiştir ( Şekil 4.5).







Şekil 4.5 Landsat 5 TM (26/9/1999 tarihli) uydu verileri ile çıkarılmış sayısal arazi modeli, bakış doğudan batıya. Kırmızı çizgisel İznik Gölü ile Gemlik Körfezi boyunca izlenen ana fay segmentlerini göstermektedir.



## BÖLÜM 5 SİSMOLOJİ

### 5.1. Tarihsel Depremler

Günümüzde belli bir bölgenin yakın geçmişteki sismik aktivitesini incelemek için rasathanelerin ya da sismoloji enstitülerinin aletsel kayıtlarına bakmak yeterlidir. Teknolojinin gelişimiyle birlikte bu tip araştırma merkezleri gelişmiş sismik ağlar oluşturmuşlardır. Fakat yeryuvarının tektonik hareketliliği ve ürettiği depremler son yüzyıl ile sınırlı değildir. Aletsel dönem öncesinde geçmişte birçok yıkıcı deprem meydana gelmiştir. Aktif bir fayın deprem aktivitesi ve deprem tekrarlanma aralığı üzerine veri üretirken tarihsel dönemden günümüze kadar olan deprem bilgilerine ihtiyaç duyulmaktadır. Bu bakımdan tarihi deprem verilerine önemli ölçüde gereksinim duyulmaktadır.

KAF'ın orta kolu ve Gemlik fay zonunun etki alanında bulunan İznik, Gemlik, Mudanya gibi kentler tarihte farklı medeniyetlerin yaşadığı yerleşim alanları olmuştur. Örneğin, İznik Roma, Bizans, Selçuk ve Osmanlı devletlerine farklı dönemlerde başkentlik yapmış önemli bir kenttir. Hatta Roma İmparatorluğu'nun Hristiyanlığa geçtiği dönemde 1.Konsül'ün toplandığı mekan olmuştur. 4000 yıllık bir geçmişe sahip olan Gemlik (eski adıyla Kios) de pek çok kavimin iz bıraktığı bir yerdir. Hititler, Bithynia'lılar, Roma'lılar, Bizans'lılar ve Osmanlı'lar tarafından işgal edilmiştir. Tarihsel geçmişi çok eskilere dayanan bu şehirlerde ve çevrelerinde meydana gelmiş olan depremler dönemin tarihçileri, din adamları ve önemli kişileri tarafından kaleme alınmış, gezginlerin seyahatnamelerinde, o dönemde yaşamış kişilerin yazışmalarında bahsedilmiştir. Deprem kataloglarında en eski tarihsel depremler bu tip kaynaklar titizlikle incelenerek ele alınmıştır. Tarihi depremlere ait sismolojik tanımlama yapılırken ve ya deprem kataloğu haline dönüştürülmede gözönünde tutulan ve tamamen gözlemlere dayanan makrosismik parametreler , depremin oluş tarihi, depremin oluş zamanı, depremin coğrafi koordinatları, depremin maksimum şiddeti ve kapsadığı alandır.

Bu bölümde bölgedeki tarihsel depremleri belirlerken Ergin ve diğ. (1967) "Türkiye ve civarının deprem kataloğu", Soysal ve diğ. (1981) "Türkiye ve çevresinin tarihsel

deprem kataloğu”, Ambraseys ve Finkel (1991) “Long-term seismicity of Istanbul and of the Marmara Sea region”, Guidoboni ve diğ.(1994) “Catalogue of ancient earthquakes in the Mediterranean area up to the 10th century” gibi farklı deprem kataloglarından yararlanılmıştır. Bu kataloglardaki bilgiler Roma, Bizans, Selçuklu ve Osmanlı medeniyetleri döneminde yazılmış yapıtlara dayanmaktadır. Tarihi depremlere ait sismolojik tanımlama yapılırken ve ya deprem kataloğu haline dönüştürülmede gözönünde tutulan ve tamamen gözlemlere dayanan makrosismik parametreler , depremin oluş tarihi, depremin oluş zamanı, depremin coğrafi koordinatları, depremin maksimum şiddeti ve kapsadığı alandır. Tablo xx bu dört katalogda yeralan ve yukarda bahsedilen parametrelerden yararlanılarak oluşturulmuştur. Her bir depremin kaydının bulunduğu katalog kaynak kısmında bir sayı ile gösterilmiştir. (1) Ergin ve diğ., 1967, (2) Soysal ve diğ., 1981, (3) Ambraseys ve Finkel, 1991, (4) Guidoboni ve diğ., 1994, şeklinde numaralanmıştır. Aşağıda tarihsel depremlere ait tanımlamalar ve tasvirler daha çok Ambraseys ve Guidoboni’nin kataloglarından alınmıştır. Açıklamaların hangi kaynaklardan alındığı paragraf sonundaki rakamla gösterilmiştir.

**M.S 29** : İzmit’in büyük bir kısmı yıkılmıştır. İzmit’te çok şiddetli hissedilmiştir. Episanrı Gemlik körfezinde olabilir. (1)

Phlegon’un (II. yy da yaşamış Yunanlı bir tarihçi. Bahsedilen bilgiler Olympiads adlı yapıtından alınmış.) bir parçasında, M.S 29’da güneş tutulması ve Bithynia’yı sarsan büyük bir depremde bahsedilmektedir. Nicea’da bu sarsıntıdan dolayı birçok bina yıkılmıştır. Aynı zamanda 202. olimpiyatların dördüncü senesinde çok etkili bir güneş tutulmasından ve de gene Nicea’da binaların yıkılmasına neden olan büyük bir depremde bahsedilmektedir. Phlegon bu olayları İsa’nın çarmıha gerildiği zamanda meydana geldiğini bildirmektedir. (4)

**M.S 69** : Bithynia’da meydana gelen bir depremde Nicomedia büyük hasar görmüştür. Sonrasında şehir yeniden inşa edilmiştir. (3), (4)

**M.S 121** : Nicomedia (bugünkü İzmit)’yı tamamen yıkan depremde Nicea’nın da büyük bir kısmı yıkılmış ve maddi destekler sağlanarak yıkılan şehirler yeniden onarılmıştır. (3)

Eusebius ( M.S 263-339 yılları arasında yaşamış Yunanlı bir yazar. Daha çok tarih üzerine yapıtları var. Bahsedilen bilgiler Chronican adlı eserinden alınmış.) şöyle

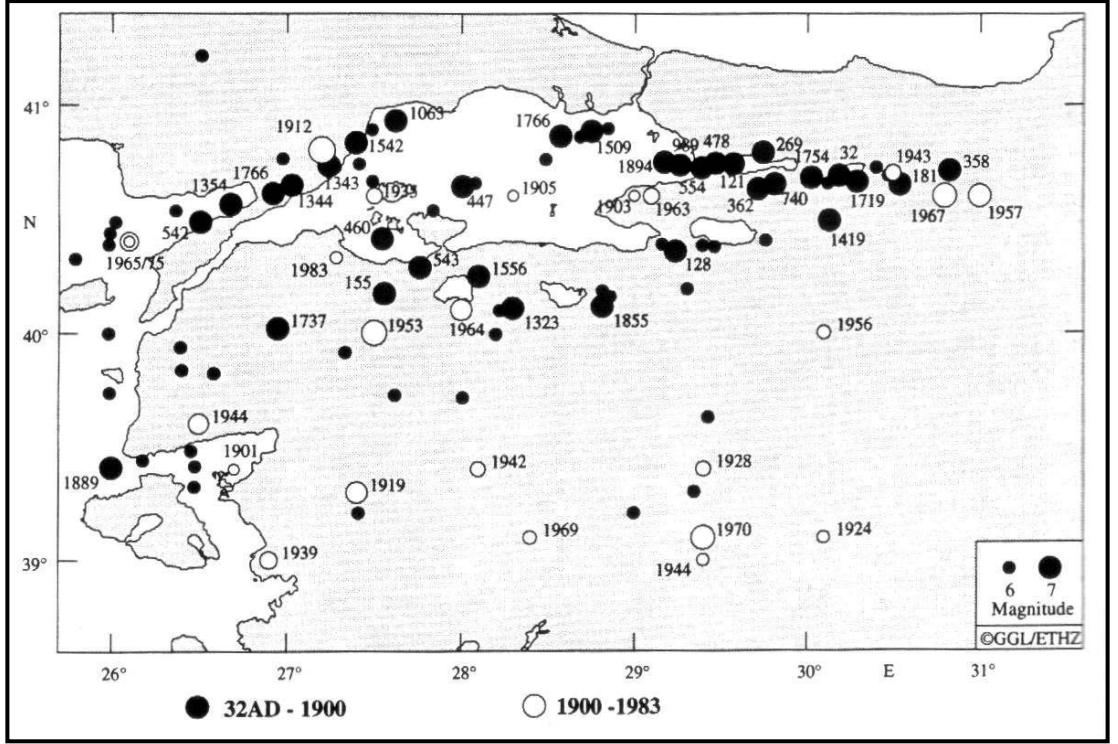
aktarıyor: “Nicomedia’nın harap olduğu, Nicea’da da birçok yapının yıkıldığı bir deprem oldu. Bu yapıların restorasyonu için Hadrian hazineden cömertçe harcadı”. Bu deprem Cyzicus’da (Erdek) da hasara yol açmıştır. (4)

**M.S 362** : Bu depremde Nicomedia tamamen, Nicea’nın da büyük bir kısmı yıkılmıştır. Su kaynakları kurumuş. Deprem İstanbul’da da hissedilmiş, yeni yapılmış olan St. Sophia kilisesinde hasara yol açmıştır. (3)

**M.S 368** : Bithynia da meydana gelen bu depremle Nicea(İznik) büyük hasar görmüş ve bu eyaletin diğer şehirlerinde de yıkım yaratmıştır. Depremin muhtemel episantri İznik’tir.(1)

368 yılında Nicea’nın tamamen harap olduğu bir depremden bahsedilmektedir. İznik şehrinin o dönemde ekümenik komisyonuna ev sahipliği yapmasından dolayı taşıdığı stratejik önem sebebiyle bu felaket çok eski tarih kitaplarında bile bahsedilmektedir. Socrates *Historia Ecclesiastica* adlı yapıtında “Bir sonraki yıl, Valentinian ve Valens (M.S 364-378 yılları arasında Doğu Roma’nın imparatorudur. I.Valentinian’ın kardeşidir) ikinci kez komisyon üyesi olduklarında (yıl 368) 11 Ekim günü Bithynia’da bir deprem oldu ve Nicea’yı harap etti”. *Chronicon Paschale*( 7.yy) isimli kronolojide 287.olimpiyatların 4.yılında, 11 Ekim 368 günü bir deprem olduğunu belirtiyor “ Bu komisyonların zamanında bir deprem oldu ve Nicea yıkılıp yerle bir oldu”. Mısırlı bir piskopos olan Nikiu’lu John kronolojisinde (7.yy) “ Valens döneminde kutsal komisyonun yapıldığı Nicea’da bir deprem meydana geldi. Deniz Nicea’ya doğru yükseldi ve onu kapladı” diyerek olası bir sismik deniz dalgasından bahsetmektedir. (4)

**M.S 715** : İznik ile civarında bulunan bazı tarihi şehirler ve İstanbul’un 1/3’ü yıkılmıştır. Episantri Gemlik körfezi olabilir. (1)



Şekil 5.1 Marmara Bölgesi'nin uzun dönem sismik aktivitesi. Siyah noktalar tarihsel depremleri göstermektedir ( Ambraseys&Finkel, 1991; Straub , 1996 ).

**1063** : 1063 yılında Marmara Denzinin kuzeyini harap eden bir deprem olarak gösteriliyor. Bu depremden Nicea da etkilenmiş, büyük kilisenin duvarları yıkılmıştır. (3)

**1855** : Bu yıl içerisinde meydana gelmiş olan iki depremden bahsediliyor. 28 Şubatta olanının 15 dakika önce gelen bir öncüsü olduğu ve Bursa'da büyük oranda yıkım yarattığı, Yenişehir'den Çeltikçi'ye kadar olan bölgede birçok köyde hasar yarattığı belirtiliyor. Aynı yıl 11 Nisan'da meydana gelen depremin bir ay öncekinin artçısı olduğu söylenmektedir. Bursa'nın kuzeyini etkileyen bu deprem Kios (Gemlik) ile Mudanya arasında ağır hasara neden olmuştur. (3)

**1857** : Bursa'nın kuzeydoğusunu etkileyen bu depremde Gemlik ile İznik arasındaki yerleşim yerleri yıkılmıştır. Ayrıca Gemlik'teki gemi iskelesinin bir kısmı yıkılmıştır. (3)

**1863** : İznik Gölü çevresinde hasara neden olan bu depremde Umurbey'de evlerin çoğu yıkılmıştır. Gemlik'te bir minare ve birçok baca yıkılmış olup hasar Bursa'ya kadar uzanmaktadır. (3)

YIL	ENLEM	BOYLAM	YER	ŞİDDET	KAYNAK
29	40,5	29	İznik ve İzmit	IX	1, 2, 3, 4
69	40,6	29,9	İznik ve İzmit	VII	1, 2, 3, 4
120-121	40,6	29,9	İzmit ve İznik	VII	1, 2, 3, 4
128-129	40,4	29,4	İznik, Zeytinbağ, Mudanya batısı	VIII	2, 3
170	40,1	28	Bandırma, Erdek, Gemlik çukuru	IX	1 (?), 2
350	40,44	29,7	İznik	VI	1, 2
368	40,4	29,7	İznik	VII	2, 3, 4
378	40,4	29,7	İznik	VI	2
715	40,4	28,9	İznik	IX	1, 2, 3
985	40,4	28,9	İznik, Bandırma, Erdek	VIII	1, 2
1063	40,4	28,9	İznik, Bandırma, Mürefte, İstanbul	VIII	1, 2, 3
1855	40,18	29,1	Bursa, Gemlik, Mudanya	IX	1, 2, 3
1857	40,18	29,1	Bursa, Gemlik, İznik	VI	1, 3
1863	40,5	29,1	Gemlik Körfezi, Umurbey-Bursa, İstanbul, Gelibolu	IX	1, 2, 3
1895	40,44	28,7	İznik	V	1, 2
1897	40,4	29,1	Gemlik yöresi, Bursa	V	2

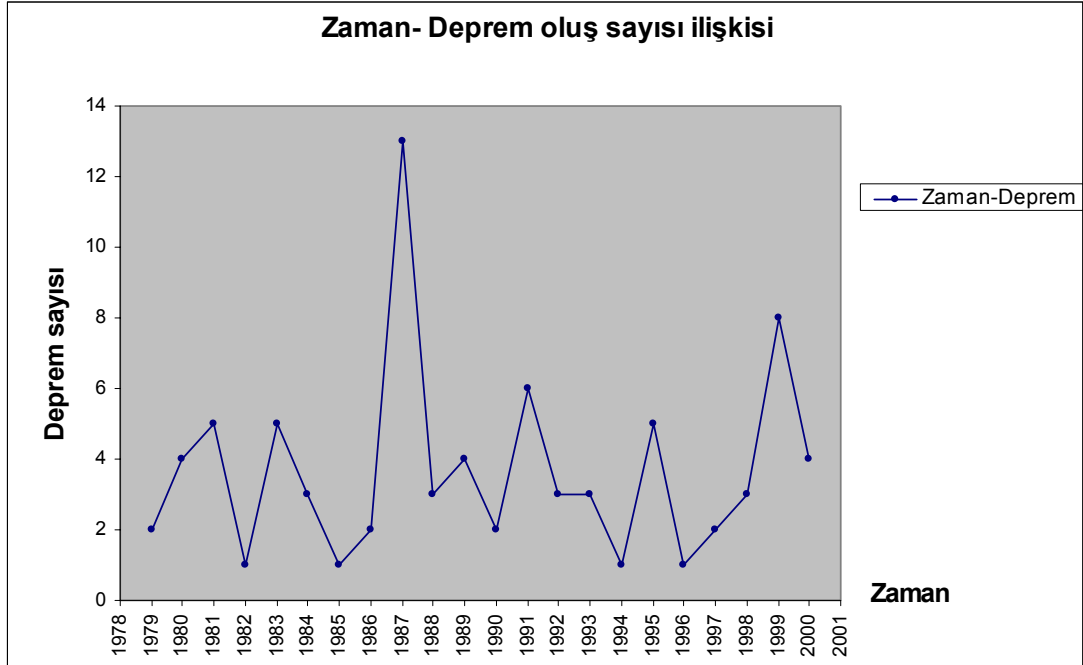
Tablo 5.1 İznik ve Gemlik'i etkilemiş olan tarihsel depremler

Tarihsel depremlerin lokasyonu yerleşim yerlerinde meydana gelen hasarlar göz önüne alınarak belirlendiğinden depremlerin yerleri kesin olarak bilinmemektedir. Dolayısıyla bu depremlerin hepsinin Kuzey Anadolu Fay zonunun İznik ve Gemlik yakınlarından geçen kolu üzerinde meydana geldiği net bir şekilde söylenemez. Günümüzde de örnekleri görüldüğü gibi, büyük depremler sırasındaki şiddetli yer sarsıntıları geniş alanlarda hasarlara neden olmaktadır. Daha çok İzmit'te hasar yaratmış ve İznik'te de yıkım yapmış olan depremler büyük olasılıkla Kuzey Anadolu Fay zonunun kuzey kolu üzerinde meydana gelmiştir. Kuzey kolun ve bunun Marmara denizi içindeki devamının oldukça yıkıcı depremler üretebilecek bir yapıya sahip olması bu kol üzerindeki depremlerin hasar episantrlarının da geniş alanları kapsadığını gösterir. Yalnız bu depremlerin bazıları her dört katologda da yer almakta ve bazı depremlerin tarihsel verileri daha kuvvetli gözükmektedir. M.S 29, 368 ve 1857 depremleri orta kol üzerinde meydana gelmiş olma olasılığı yüksek depremlerdir. Özellikle 368 depreminin dönemin farklı tarihçileri tarafından tasvir edilmiş olması, bir sismik deniz dalgasından (tsunami ?) bahsedilmesi, bu depremin orta kol üzerinde ve belki de Gemlik Körfezi'ndeki devamında meydana gelmiş olduğu ihtimalini güçlendirmektedir. 1857 depreminin hasar yayılımı İznik ile Gemlik arasında sınırlı gibi gözükmektedir. Gemlik'teki iskeleyi yıkacak kadar sarsıcı olması gene bu depremin körfez içindeki faylar üzerinde gerçekleşmiş olabileceğini ortaya koymaktadır. 1863 depreminde Umurbey'de evlerin yıkılması kırılmanın orta kol üzerinde meydana gelmiş olabileceğini gösterse de hasarın Bursa'ya kadar uzanması depremin güneydeki faylardan birinde olmuş olabileceğini ihtimaline de taşımaktadır.

## **5.2. Aletsel Döneme Ait Sismik Veriler**

Türkiye'de depremlerin bilimsel anlamda bir labratuvarda kaydedilmesi, 1911 yılında kurulan Kandilli Rasathanesi ile başlamıştır. İlk defa 1926 yılında iki yatay ve bir düşey üç bileşenli sismograf sistemi çalıştırılmaya başlanmış, bunu takiben 1928 yılında duyarlılığı daha fazla olan bir sismograf devreye sokulmuştur. 1933 yılına kadar kuvvetli yer hareketlerini kaydeden bu sistemlerin yerini elektromagnetik sismograf sistemleri almıştır. Mekanik sismograflara göre daha duyarlı, ayrıca orta ve uzun peryodlu yüzey dalgalarını kaydedebilen, bu sistemle, Türkiye'de ve dünyada oluşan büyük depremlerin kaydedilme imkanı doğmuştur. 1948 yılında yüksek frekansdaki sismik dalgalar oldukça duyarlı olan kısa peryod düşey bileşen

sismograf işletime sokularak Türkiye’de oluşan birçok yerel depremin kaydedilme olanağı doğmuştur. Bu sistemler 1963’te teknolojiye daha da uygun hale getirilmiştir (Üçer, 1990). Bu dönem içerisinde Gemlik Fay zonunun civarında kaydedilmiş olan  $M>3$  depremler şöyle sıralanabilir:



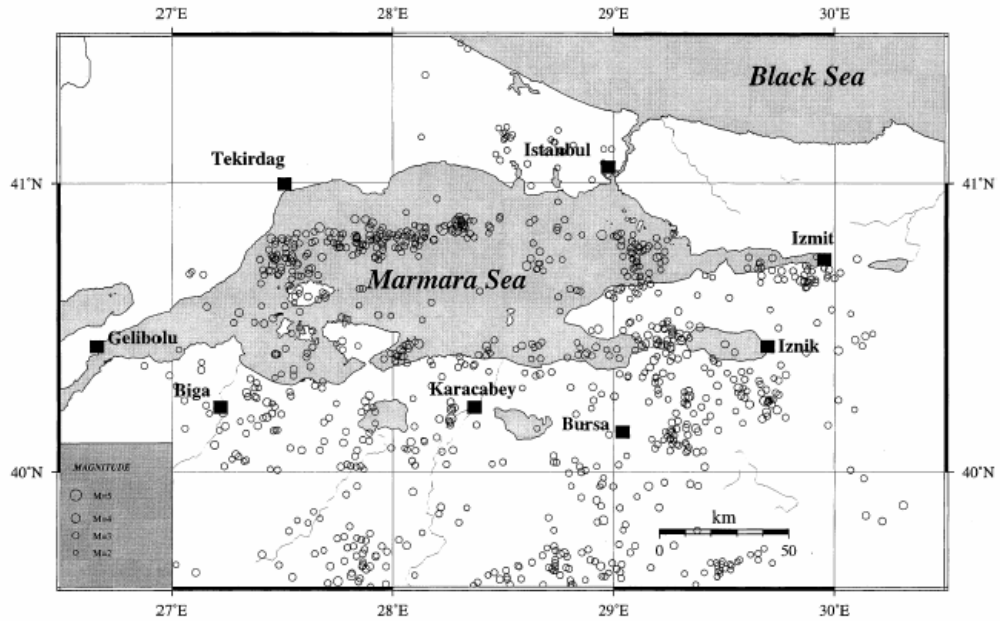
Şekil 5.2 1978- 2000 yılları arasında meydana gelmiş olan  $M>3$  deprem sayısının zaman ile ilişkisini gösteren grafik.

1978 yılında Marmara Denizi çevresinde Marnet projesi başladıktan sonra bu alanda küçük magnitüdlü depremlerin kayıtları başlamış ve meydana gelen depremlerin episanter lokasyonları daha hassas bir şekilde belirlenmiştir. 1976-1988 yılları arasında İznik-Gemlik Körfezi arasında toplam 425 deprem kaydedilmiş gözlenen en büyük deprem 1982 yılında 4.2 magnitüdlü deprem olmuştur. Orta kolun İznik-Mekece arası sismik aktivitesi aynı dönem içerisinde son derece sakin olup deprem kümelenmesi daha çok Gemlik Körfezinde yoğunlaşmaktadır.

1978-2000 yılları arasında meydana gelmiş depremleri zamana yayıp grafiğe döktüğümüzde bu dönem içerisindeki deprem sayısının inişli çıkışlı olduğunu görmekteyiz (Şeki 5.2). Örneğin 1987 yılında diğer yıllara oranla deprem oluş sayısında bariz bir artış görürken sonraki yılda bu rakam hızlı bir düşüş gösterir. İznik Gölü- Gemlik Körfezi arasında ve Gemlik körfezi içerisinde kümelenmeler görülmektedir (Şekil 5.3 ). Ayrıca depremler dağınık bir dizilim göstermektedir.

Mogi (1967) tarafından yapılan sınıflamada deprem kümeleri üç tipe ayrılmıştır (Üçer, 1990).

- **1. tip deprem kümesi**, öncelikle ana şok ve daha sonra artçı depremler dizisini içermektedir. Bu tür oluşumda, depremlerin meydana geldiği ortamın homojen ve bu ortam içindeki gerilmenin düzgün olduğu düşünülmektedir.
- **2. tip deprem kümesi**, öncü depremler, ana şok ve artçı depremleri içermektedir. Böyle bir dizilişte, depremlerin oluştuğu ortamın yarı heterojen ve gerilmenin de pek düzgün olmadığı düşünülmektedir.
- **3. tip deprem kümesi** ise, herhangi bir büyük magnitüdlü ana depremi içermeyen ve bir dizi aynı büyüklükteki depremlerin ardarda dizilişi şeklinde tarif edilmektedir. Bu dizilişin oluştuğu ortamın heterojen ve mevcut gerilmenin düzgün olmadığı düşünülmektedir.

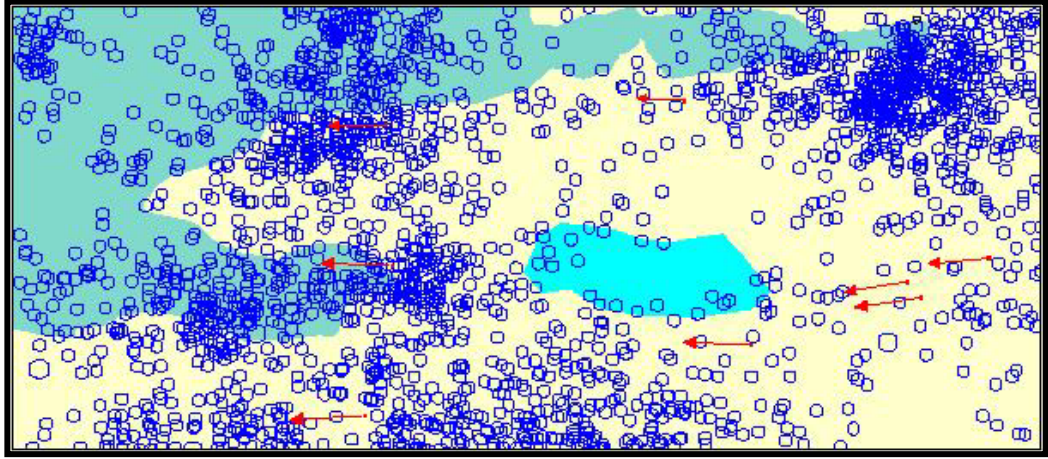


Şekil 5.3 Marmara Bölgesi'nin 1986-1996 yılları arasındaki sismik aktivitesi; Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Merkezi verileri ( Gürbüz ve diğ., 2000)

Bu sınıflamaya bakıldığında son yüzyıl içerisinde herhangi büyük magnitüdlü deprem içermeyen ve aşağı yukarı aynı büyüklükte depremlerin olduğu Gemlik kümesinin 3. tipteki kümelenmeye benzediği görülür ( Şekil 5.4). Aki (1984)'ün aynı sınıflamayı fay yüzeyinin fiziksel yapısını gözönünde bulundurarak açıklamaya çalışmıştır. Buna göre 3.tip deprem oluşumunda fay zonunda gerilmenin hemen hemen aynı seviyede ve sürekli kalması sonucu, birbiriyle aynı büyüklükte olan bir

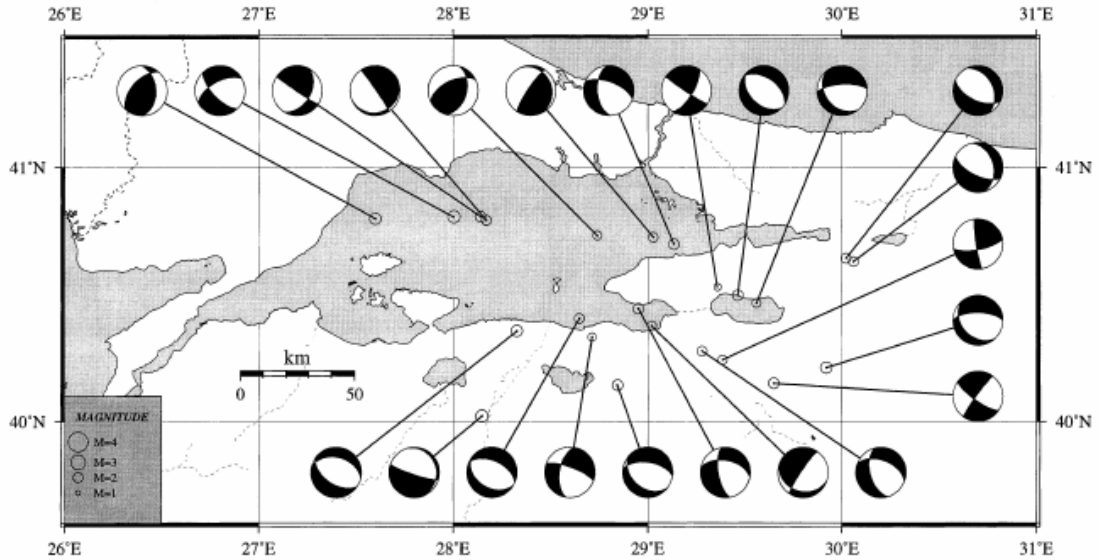


seri küçük deprem meydana gelmektedir (Üçer, 1990). Gemlik fay zonunun karakterine uyan bu tanımlama bu bölgedeki kümelenmeleri de açıklamaktadır.



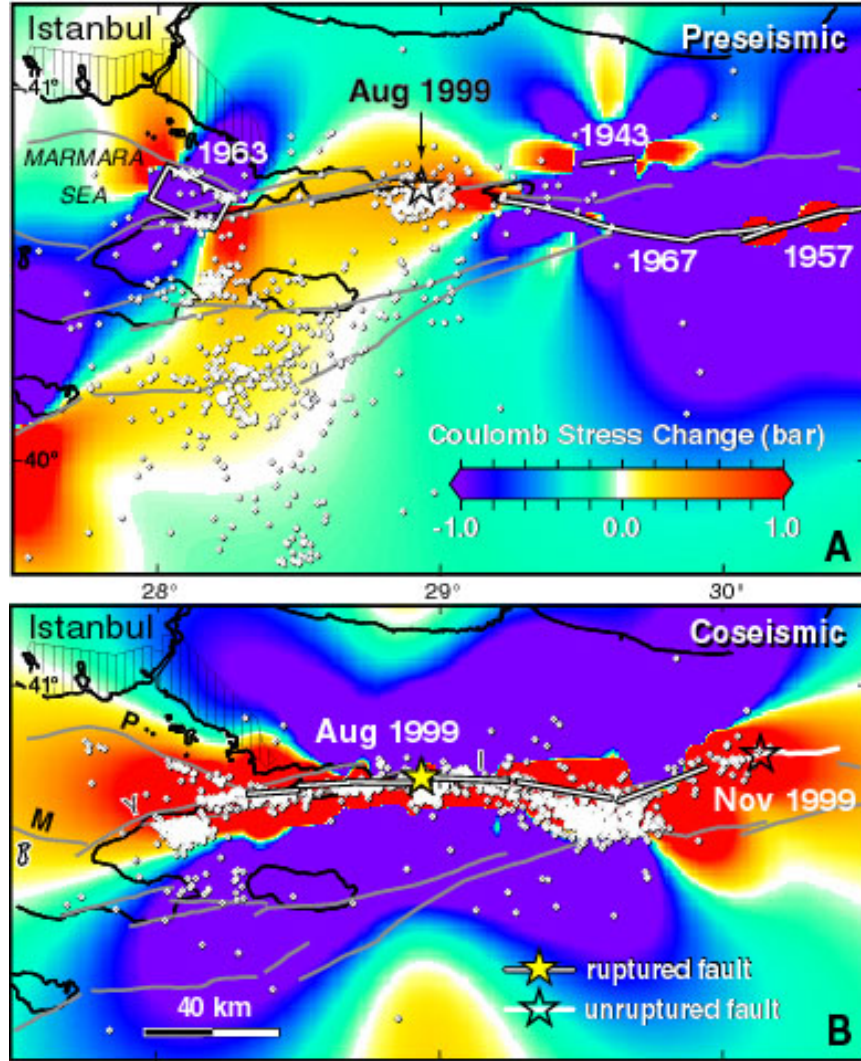
Şekil 5.4 1964-1994 yılları arasında Gemlik ve civarındaki deprem aktivitesi ( ISC verileri).

1995 yılında Kandilli, İTÜ ve TÜBİTAK MAM ve IPG Strasbourg tarafından yapılan 3 aylık çok aletli sismik ölçümler sonucu ortaya çıkarılan fay çözümlerinde ( Şekil 5.5 ) Gemlik alanındaki çözümler daha çok normal fay çözümleri vermektedir ve bu da Marmara Denizi içindeki çözümlerle uyumludur. Bu tür faylanma doğrultu atımlı fayların arasında kalan basenleri oluşturan normal faylarla ilgilidir.



Şekil 5.5 Marmara Bölgesi'nde 1995 yılında yapılmış fay düzlem çözümlerleri ( Gürbüz ve diğ., 2000).

Eski depremlerin yarattığı yüzey kırıklarını fay segmentlerinin hareket hızları ile birlikte formülize eden Coulomb modellemesi, bunların sonucunda her segment üzerinde kaç bar'lık bir enerji biriktiğini ve bir sonraki deprem riskinin hangi faylar üzerinde olabileceğini göstermektedir. Parsons ve diğ. (2000) tarafından KAFZ'nun batı ucundaki deprem riskini oraya koymak amacıyla yapılmış olan Coulomb modelinde, 17 Ağustos depremi öncesi ve sonrasında aktif fay parçaları üzerindeki gerilim gösterilmektedir (Şekil 5.6 A, B).



Şekil 5.6 17 Ağustos depreminin coulomb stres dağılımı modellemesi. Kırmızı ve sarı alanlar stresin arttığı, mor kesimler ise stresin azaldığı alanları göstermektedir (Parsons ve diğ., 2000)

Şekil 5.6 A'da 1900 yılından 17 Ağustos depremi öncesine kadar meydana gelen depremlerin neden olduğu gerilim değişikliği gösteriliyor. Bu şekilde, en uygun yönde, düşey konumlu doğrultu atımlı faylar üzerinde, 0 ile 20 km derinlikleri

arasında meydana gelen maksimum Coulomb gerilme değişimleri gösteriliyor. Hesaplanmış gerilim artışları yükselmiş sismisite oranları ve henüz o tarihlerde gerçekleşmemiş olan 17 Ağustos 1999 İzmit depremi ile ilişkilidir (Parsons ve diğ., 2000). Gerilimin azaldığı alanlarda sismik aktivitenin düşük olduğu gözleniyor. Gemlik fay zonunun üzerinde mikrosismik aktivite ve gerilim birikmiş olduğu görölmektedir. Şekil 5.6 B’de 17 Ağustos depreminin meydana geldiği andaki gerilim dağılımına göre Gemlik Fay Zonu’nun bir gerilim gölgesi altında bulunduğu ve üzerindeki gerilimin azaldığı gösterilmektedir. Dolayısıyla 17 Ağustos depremi, bu kol üzerinde gerçekleşebilecek olası bir depremi daha ileri bir tarihi erteleyerek bölgede üzerinde rahatlama sağlamıştır.

## **BÖLÜM 6 PALEOSİSMOLOJİ**

### **6.1. Giriş**

Paleosismoloji, tarihsel depremlerin meydana geldikleri zamanı, yeri ve büyüklüklerini araştıran bir disiplindir. Sismologlar kaydedilmiş aletsel verilerle çalışırken, paleosismologlar eski depremlerin jeolojik kanıtlarını yorumlayarak veri üretirler. Paleosismoloji çalışmalarının, Geç Senezoik'teki kabuk hareketleri üzerine yapılan genel çalışmalardan farkı, daha çok yer şekilleri ve sedimanter çökellerde depremler esnasında meydana gelen ani deformasyonlar üzerine odaklanmasıdır. Dolayısıyla daha çok farkedelabilir yüzey deformasyonu yaratmış olan depremler üzerinde çalışılabilmektedir. Bu odaklanma uzun bir paleosismik tarihçe içerisinde, tektonik deformasyonların bölgesel modellerini ve belirli fayların sismojenik davranış tarzlarını neotektoniğin çeşitli bakış açılarından algılamamızı sağlar.

McCalpin (1996) paleosismik yapıların belirlenmesi için geniş bir sınıflandırma oluşturmuştur ( Tablo 6.1, 6.2). Bu sınıflandırmada, paleosismik yapılar birincil ya da ikincil bir oluşum olarak ikiye ayrılmıştır. Birincil yapılar sismik yüzey faylanması ya da kıvrımlanmasıyla (tektonik deformasyonla), ikincil yapılar da yer sarsıntısına bir tepki olarak oluşurlar. Bu sınıflandırmalar Tablo 6.1 ve 6.2 de verilmiştir. Her sınıflandırmada zaman ve lokasyon faktörleri gözönüne alınmıştır. Zamanlama da sismik aktiviteyle eş (coseismic) gelişen yapılar ve sismik aktivite sonrası (postseismic) yapılar, lokasyonda da fay boyunca gelişen ve fayın dışında gelişen yapılar sınıflandırmaya alınmıştır.

Paleosismik araştırmalar detaylı ve çok metodlu bir çalışma gerektirmektedir. Bu metodlar şu şekilde sıralanabilir:

Paleosismik yer şekillerinin haritalanması

- Hava fotoğraflarının yorumlanması
- Yüzey deformasyonunun belirlenmesi ve haritalanması
- Detaylı topoğrafik haritalama (mikrotopoğrafya)

- Topoğrafik profil alma (şevlerin düşey atımının ve aşamalı gelişimin belirlenmesi)

#### Paleosismik stratigrafinin haritalanması

- Trench ( fay kazısı)
- Jeofizik teknikleri ( Sismik yansıma, gravite, GPR, VLF, elektrik, manyetik)

#### Yaşlandırma teknikleri

- Karbon 14 (C14)
- Termolüminesans
- Uranyum serilerinin yaşlandırılması
- K-Ar
- Kosmojenik yaşlandırma
- Paleontoloji

#### Alt disiplinler

- Arkeosismoloji (eski depremlerin tarihsel yapılardaki etkileri)
- Dendrosismoloji (eski depremlerin ağaçlardaki etkileri)

<i>Lokasyon</i>	<i>Fayın üzerinde meydana gelen</i>		<i>Fayın dışında meydana gelen</i>	
<i>Zamanlama</i>	<i>Deprem esnasında (coseismic)</i>	<i>Deprem sonrası (postseismic)</i>	<i>Deprem esnasında (coseismic)</i>	<i>Deprem sonrası (postseismic)</i>
<i>Morfolojik oluşumlar</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>. Fay şevleri</li> <li>. Çatlaklar</li> <li>. Kıvrımlar</li> <li>. Köstebek izi</li> <li>. Basınç sırtları</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>. Ötelenme sonrası yan kolonda verilen yapılarda meydana gelen değişiklikler</li> <li>. Fay molozu fanı</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>. Tiltlenmiş (eğilmiş) yüzeyler</li> <li>. Yükselmiş kıyılar</li> <li>. Su altına kalmış kıyılar</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>. Ötelenme sonrası yan kolonda verilen yapılarda meydana gelen değişiklikler</li> <li>. Tektonik oluşumlu alüvyal taraçalar</li> </ul>
<i>Stratigrafik oluşumlar</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>. Faylı katmanlar</li> <li>. Kıvrımlı katmanlar</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>. Fay molozu kaması</li> <li>. Çatlak dolguları</li> <li>. Uyumsuzluklar</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>. Tsunami çökelleri</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>. Yükselme, çökme ve tiltlenmeden dolayı oluşan erozyonel uyumsuzluklar ve çökeller, ve ya değişikliğe uğramış akarsu kanalları</li> </ul>

Tablo 6.1 Birincil paleosismik yapıların sınıflaması (McCalpin,1996).



<i>Lokasyon</i>	<i>Fayın üzerinde meydana gelen</i>		<i>Fayın dışında meydana gelen</i>	
<i>Zamanlama</i>	<i>Sismik aktiviteyle eş zamanlı (coseismic)</i>	<i>Sismik aktivite sonrası (postseismic)</i>	<i>Sismik aktiviteyle eş zamanlı (coseismic)</i>	<i>Sismik aktivite sonrası (postseismic)</i>
<i>Morfolojik oluşumlar</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>. Kum püskürmesi</li> <li>. Heyelanlar</li> <li>. Yapısı bozulmuş ağaçlar</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>. Gerileyen heyelanlar</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>. Kum püskürmesi</li> <li>. Heyelanlar</li> <li>. Çatlaklar</li> <li>. Çökme</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>. Gerileyen heyelanlar</li> </ul>
<i>Stratigrafik oluşumlar</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>. Kum daykları</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>. Sag pond (çöküntü göletleri) çökelleri</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>. Kum daykları</li> <li>. Dolmuş kraterler</li> <li>. Yumuşak sedimentlerin deformasyonu</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>. Sag pond çökelleri</li> </ul>

Tablo 6.2 İkincil paleosismik yapıların sınıflaması (McCalpin, 1996).

Yukarıda başlıklar halinde sıralanan metodlardan anlaşıldığı üzere paleosismolojik bir çalışmada ilk etapta yapılması gereken inceleme alanının hava fotoğraflarının incelenmesi ve arazi çalışmasıyla birlikte, jeolojik ve neotektonik unsurlarının haritalanmasıdır. Elde edilen bu verilerle bölgedeki fayların konumu ve morfolojide oluşturdukları etkiler ortaya konmuş olacaktır. Sonrasında daha detaya inilerek stratigrafinin haritalanmasına geçilecektir. Eski depremlerin stratigrafide yaratmış olduğu deformasyonları belirlemek amacıyla trench (fay kazısı, hendek) adı verilen yöntemle yapılan kazılarda, yüzeyde görülen kanıtın göremediğimiz devamında yapmış olduğu etkiyi incelemek mümkün olacaktır. Fay kazısı yönteminde kazının yeri ve yöneliminin, amaca ve fayın türüne göre belirlenmesi bu yöntemde başarıya ulaşmada kritik bir noktadır. Atımı belirlemede en iyi lokasyonlar tek ve dar bir fay kolu üzerinde olanlardır. Fay zonu genişledikçe istenilen noktayı yakalamak daha zor hale gelebilir. Kazı yeri, araştırmacının bulmak istediği paleo-deprem sayısına göre de belirlenmelidir. Genç Kuvaterner yüzeylerde yapılan kazılarda bir ve ya iki deprem gözlenebilirken yapılar ve stratigrafi de nispeten basit olacaktır. Öte yandan eski yüzeylerde yapılan kazılarda birçok depremin kümülatif deformasyonları

görülürken, bunlar önceki depremlerin sonrakilerin etkilerini karmaşık bir hale getirdiği ortamlardır. Kazının doğrultusu, fayın atım karakterine göre belirlenir ( eğim-atımlı faylarda faya dik, doğrultu-atımlı faylarda faya paralel). Faya dik açılan kazılar çoğunlukla doğrultu-atımlı fay zonunun genişliğini, faya paralel kazılar ise atımı tanımlamak için açılırlar. Eğim-atımlı faylarda ayrı noktalarda tek bir kazı yeterli iken, oblik ve doğrultu atımlı yerdeğiştirmelerde atımın üç boyutlu bileşenlerini yakalamak amacıyla birçok kazı yapılmalıdır.

Kazılar Beko (backhoe) tipi iş aletleri (kepçe) ile yapılır. Derinlik, genişlik ve uzunluk amaca göre belirlenir. Önemli bir husus güvenlik açısından kazının stabilitesini koruyabilmektir. Kazı içerisindeki birimler, içinde suyu tutan ve dolayısıyla kazının duvarlarının yıkılmasına sebep olabilecek birimler ise duvarlar için payanda, tahta iskele tipi destekleyiciler kullanmalıdır. Kazı derin olacaksa basamaklar halinde açılması uygundur. Japon-tipi denilen kazılarda stabiliteyi



Şekil 6.1 Karsak kazısı backhoe tipi iş aleti ile açılışı.

korumak için duvarlara 45° eğim verilir. Böylece yıkılma tehlikesi giderilirken duvarlar kazı dışından da rahatlıkla gözlenir. Fakat çoğunlukla Kaliforniya-tipi adı verilen duvarları dik açılan kazılar çoğu araştırmacı tarafından tercih edilir. Kazı içerisinde dışarı çıkarılan malzeme daha az olmakla birlikte duvarların kesidini çizmek çok daha rahat ve de doğruluk payı içerisinde olacaktır. Trench açıldıktan sonra ilk yapılacak olan duvarların temizlenmesi ve yorumlama için uygun hale getirilmesidir. Kesit çizimi öncesinde duvarlara metrelik bazda iplerle karelej yapılır

ve bir referans çizgisi belirlenir. Sonrasında da kazı duvarında belirlenen stratigrafi ve yapı milimetrik kağıda aktarılır. Böylece deformasyonların görünür ölçümleri ölçekli veri olarak elde edilmiş olur.

## **6.2. Çalışma Alanında Fay Kazısı Çalışmaları**

Orta kol üzerinde son 12 yıldır farklı gruplar tarafından bir çok paleosismik kazılar yapılmıştır (Yoshioka ve Kuşçu, 1994; İkedo vd., 1990; Honkura ve Işıkara, 1991; Emre vd., 2001). Bu kazıların yapmaktaki amaç bu kol üzerinde gerçekleşmiş tarihsel depremleri ortaya çıkarmak, tarihsel depremlerin büyüklüğü hakkında fikir edinmek ve orta kol için yaklaşık bir deprem tekrarlanma aralığı yakalamaktır. Bu çalışmada da aynı amaçlar doğrultusunda Gemlik Fay Zonu'nun bir-iki segmentinde paleosismik kazılar yapılmıştır (EK-6). Daha önce jeomorfoloji bölümünde ifade edildiği gibi İznik Gölü ile Karsak boğazı arasındaki 10 km'lik hat boyunca aynı doğrultuda düşey şevler gözlenmiştir. Gemiç dağları önündeki alüvyal düzlükte görülen bu morfolojik yapıların fay denetimli olabileceği düşünülmüştür. Bu amaçla çeşitli noktalardaki şevlere dik olarak üç trench, bir tane de akarsu sisteminin sağ-yanal ötelenmiş olabileceği düşünülen noktada trench açılmıştır. Morfolojik ve jeofizik özellikler gözönünde bulundurularak tespit edilen kazı yerleri İznik Gölü'nün güneybatısında bulunmaktadır. Bu kazılardan ilki Karsak köyü'nün 2,5 km kuzeybatısında, ikisi Akharek köyünün yaklaşık 400 m batısında, dördüncü kazı yeri ise Gemiç köyünün 1 km kuzeyinde açılmıştır.

### **Karsak Kazısı**

Karsak köyü'nün 2,5 km kuzeybatısında açılmıştır. Kazı bu noktada, güney bloğu yükselmiş ve kuzey blokla arasında bir oluk yapısı görülen yapı üzerinde açılmıştır. Uzunluğu 25 m, derinliği 3.70 m dir. Kazı içindeki stratigrafi genel olarak akarsu çökellerinden oluşmaktadır (EK-3) .



Şekil 6.2 Karsak kazısı, bakış güneye.

Üstte ince taneli yer yer karbonatlı kil-silt birimleri, orta kesimlerde güneyden sokulan orta-iri çakıllı killi kum seviyeleri ve onun kuzey devamında üste doğru kumlu ince çakıllı siltten killi kuma geçiş yapan bir kanal yapısı görülür. Kazının alt kesimi kuzeyden güneye kum-çakıl-kil matriksli iri bloklu ( tane boyu 5-12 cm), düzensiz yönelimli bir birimden oluşmaktadır. Ayrıca içerisinde kumlu, killi, siltli küçük merccekler görülür. Birim, bu düzensiz ve iri bloklu içeriğiyle yüksek enerjili bir ortamı ifade etmektedir. Muhtemelen farklı rejimlerin akarsu çökellerini içeren bir startigrafidir. Fakat alt seviyedeki bu kalın düzensiz kesim bunların sel çökeli olma ihtimalini de güçlendirmektedir. Kazı içerisinde genel stratigrafiyi kesen bir deformasyon izine rastlanılmamıştır. Bunun sebebi yüzeydeki morfolojik unsurun aslında fay ilişkili olmadığı ya da ilişkili olsa da deformasyonun çökel paketinin daha alt seviyelerinde kalmış olmasıyla ilgili olabilir.

### Gemiç Kazısı

Gemiç T-1 kazısı Karsak segmentiyle ilintili olduğu düşünülen morfolojik şev üzerinde açılmıştır. Daha önce, bu şevin Karsak devamında yapılan kazıda rastlanan kalın sel çökellerine dayanarak burada açılacak kazının derin olmasına karar



Şekil 6.3 Gemiç kazısının üzerinde açıldığı şev ve kazının iki basamaklı yapısı görülmekte.

verilmiştir. Uzunluğu yaklaşık 14 m, derinliği ise iki kademeli olarak toplam ~ 6 m dir (Şekil 6.3) . Doğrultusu K-G 'dir. Kazı içerisindeki çökeller belirgin bir stratigrafi içermemekte ve oldukça masif bir görünüm göstermektedir. Açık kahverengi kötü boylanmış düzensiz dağılımlı çakıllı, killi silt birimi bütün kazıdaki hakim birimdir. Çakıllar ince-orta-iri boyutlu, yer yer yassı, köşeli ya da yuvarlanmıştır. Kazının iki noktasında iri çakılların kümелendiği merceğimsi yapılar gözlenmiştir (Şekil 6.4). Bunların herhangi bir yönelimi olmadığı gibi ortamla ilişkisizdir. Bu derinlikteki bir kazıda deformasyon yapılarına rastlanmaması yüzeydeki 1.5-2 m yüksekliğindeki şevin fay ilişkili olduğu konusunda soru işaretleri yaratmıştır.





Şekil 6.4 Gemiç kazısının alt kademesi, bakış güneye .

Çökel paketinin kaba taneli olması ve kazı içerisindeki belirsiz startigrafî, eğer bir süreksizlik varsa da belirlenmesini olanaksız kılmıştır.



### Akharem Kazı-1

Benzer morfolojik şevler Akharem köyünün doğusunda da görülür (Şekil 6.5). Yaklaşık 1 m lik bir yüksekliğe sahip olan şevin üzerinde 4 m uzunluğunda ve yaklaşık 3 m derinliğinde K-G doğrultusunda bir trench açılmıştır. Kazı içerisinde ilk 1.5 m içerisindeki birimler yatay seviyeler halinde uzanır ( EK-4). Üstteki bu ilk dört birim üstten alta doğru bejimsi-sarı, orta boy çakıllı, yer yer bitki kökleri içeren silt, açık kahverenkli, farklı boyda çakıllardan oluşan silt, kahverenkli, ince-orta-iri çakıllı kil ve açık kahverenkli, organik malzeme içeren ince çakıllı kil olarak birbiri üzerine istiflenir.



Şekil 6.5 Akharem Kazı-1'in açıldığı şev.

Bu birimlerin altında güneyden eğimli olarak gelen sarımsı-kahve, yer yer ince çakıllı ve organik malzeme içeren kilin (G) devamı kuzeye doğru 1.5 m sonra kesilmektedir. Kesildiği noktanın üst kesiminde bu birimin üzerine kama şeklinde gelen yoğun ince çakıllı kil(F) aşınmış bir malzeme görünümündedir ve bu birim de aynı noktada kesilmektedir. Öte yandan G biriminin altındaki koyu kahve, seyrek ince çakıllı kil (H) birimi de eğimli olarak gelir ve G'nin altında birinci metre sonunda kaybolur. Aynı noktada mercek şeklinde başlayan kırmızı-kahverenkli, iri çakıllı kil (I) biriminin, F ve G birimleri gibi sonlandığı görülür. Bu birimlerin devamlılığını kaybettiği bu kesimden kil matriks içerisinde ince-orta çakıllı kolüvyal

bir malzemeye geçilir. Kolüvyal çökellerden de daha iri çakıllı bir istife yanal geçiş gözlenmiştir. Bu orta-iri çakıllı istifin içerisinde G biriminden (sarımsı-kahve, yer



Şekil 6.6 Akharem Kazı-1'in genel görünümü, bakış güneye.

yer ince çakıllı kil) kopmuş mercekler gözlenir. Bunların en altında da I biriminin devamı 2.4 üncü metrede görülür. F, G ve I birimlerinin devamlılığını düşey bir şekilde bitiren bu çizgisel hattın bir fay hareketi sonucu olmuş olasılığı yüksektir. Öte yandan bu düşey çizgiselliğin hemen önünde gelişmiş olan ince çakıllı kolüvyal malzeme ve G birimden kopmuş olan mercekler bu alanda bir deformasyon gerçekleştiğini göstermektedir. Öte yandan bu muhtemelen ana harekete bağlı gelişmiş ikincil bir deformasyondur. D, E, F, G ve I birimlerinin çeşitli seviyelerinde organik malzemeler mevcuttur. Bu organik maddeler humid asit ve ya kömür şeklindedir. Yaş tayini için kömür örnekleri alınmış ve C14 yöntemiyle yaşlandırma yapılmıştır. Yaş tayini için N6 ve N4 kömür örnekleri dar bir zaman aralığı vermesi

açısından tercih edilmiştir. Ancak örneklerin gönderildiği labratuvar N6 ve N4'ün humid asit olduğunu ve sağlıklı bir yaş tayininin yapılamayacağını belirtmiştir. Bunu takiben N5, N1 ve N8 örnekleri yollanmış, labratuvar N1 ve N8'i yöntem için uygun



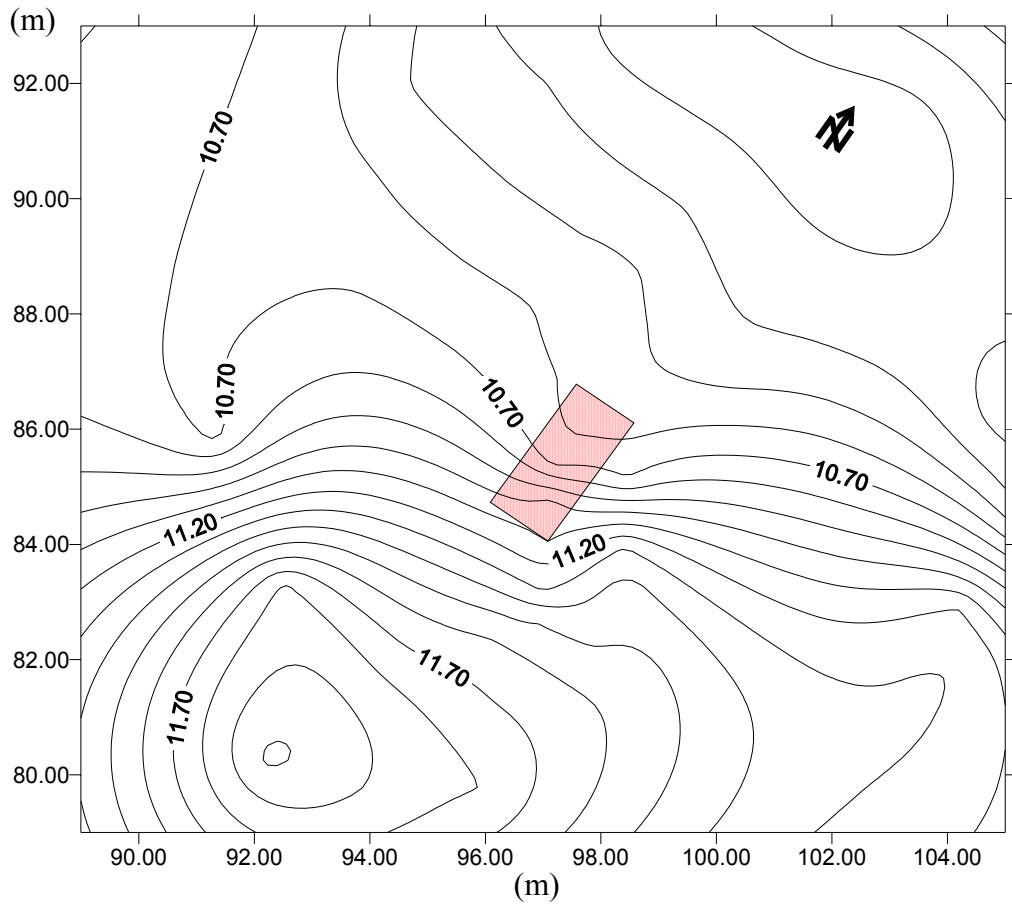
Şekil 6.7 Akharem Kazı-1'in doğu duvarında F, G ve I birimlerini kesen süreksizlik görülmekte.

bularak yaşlandırmıştır. Elde edilen sonuçlarda N1'in yaşı günümüzden ( bu yöntemde günümüz 1950 yılı olarak alınır)  $4015 \pm 30$  yıl öncesini göstermektedir. N8 için ise  $2975 \pm 35$  yıl yaşı elde edilmiştir. N1 startigrafik olarak daha genç iken N8'e göre daha eski bir yaş vermesi bu numunenin muhtemelen başka ortamdan taşınıp gelmiş ya da işlenmiş olduğunu düşündürmüştür. Her iki yaş tayini deformasyonun zaman aralığını belirlememiz açısından yeterli olmasa da en alltaki örneğin verdiği  $2975 \pm 35$  yıl yaşını, ortamın çökelme özelliklerini homojen kabul ederek, yaptığımız kaba hesaba göre; 3000 yılda 3 m'lik bir çökelme olduğuna göre

trench tabanından D birimine kadar olan yaklaşık 1 m'lik kesimin 1000 yılda çökelmiş olduğu düşünüldüğünde bu deformasyonu oluşturmuş olabilecek hareketin günümüzden 2000 yıl önce meydana gelmiş olabileceğine dair bir tahmin

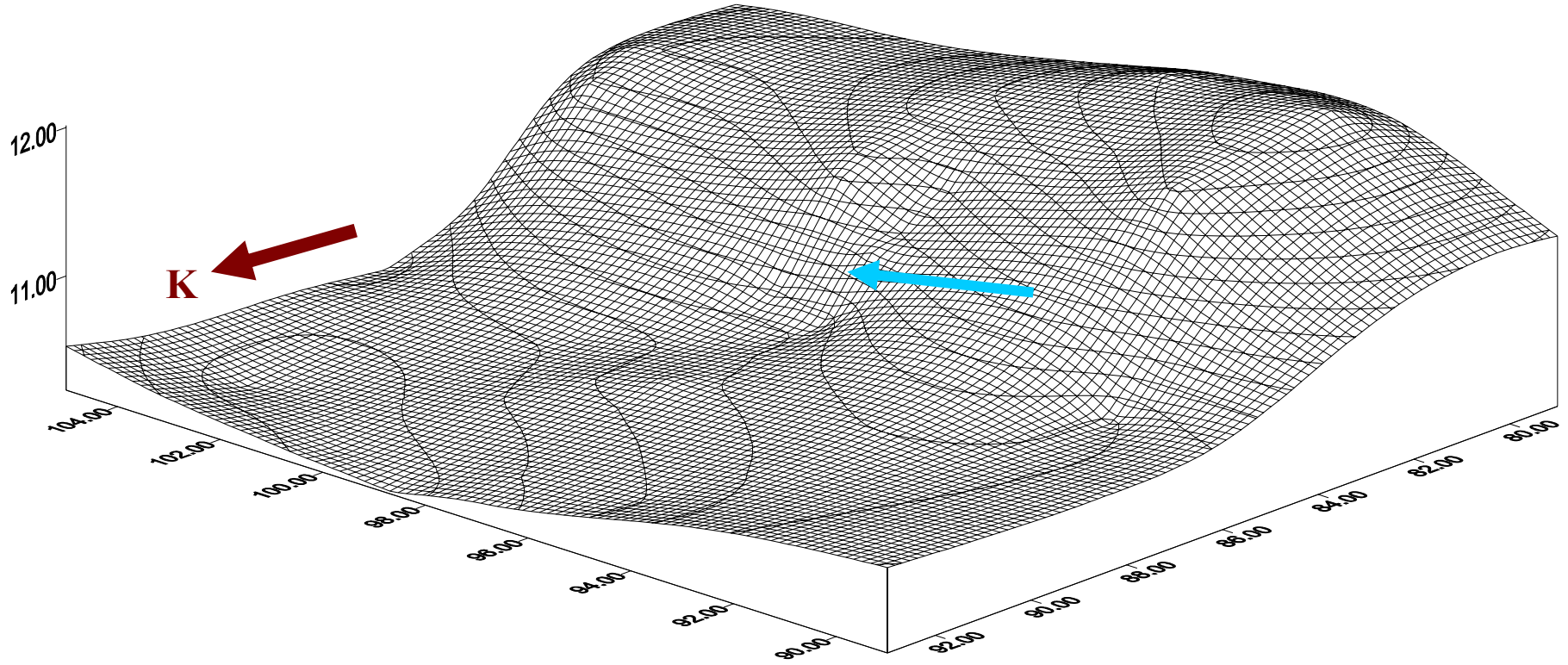
yürütülebilir. Fakat bu tahmin ortamın çökelme özelliği tamamen homojen alınarak yapıldığında kesin bir sonuç olarak değerlendirilemez.

Kazı-1 üzerinde yapılmış olan mikrotopoğrafya çalışmasında fay şevinin ve kazının bu şev üzerindeki yeri gösterilmektedir (Şekil 6.8).



Şekil 6.8 Akharem Kazı-2 civarının mikrotopoğrafya haritası.





Şekil 6.9 Mikrotopoğrafyanın üç boyutlu gösterimi. Mavi ok Akharek Kazı-2'nin yerini göstermektedir.

## Akharem Kazı-2

Mahmutoğlu deresinin güneyden kuzeye olan yönelimi, Akharem köyünün 300 m doğusunda doğuya doğru bir sapma gösterir. Bu sapmanın olduğu yer Kazı-1'in açıldığı şevin yaklaşık 50 m güneydoğusuna denk gelmektedir. Dolayısıyla bu iki yapının aynı deformasyon zonu içinde yer alması muhtemeldir. Derenin doğu sapmasına dik şekilde, 13 m uzunluğunda ve yaklaşık 3.5 m derinliğinde bir kazı yapılmıştır (Şekil 6.10). Trench'in genel stratigrafisinde (EK-5) farklı akarsu rejimlerinin çökellerini temsil eden bir görünüm hakimdir. En altta güneyden gelen killi birim (F) oldukça düzensiz bir şekilde devam eder. 4. metrede yanal devamı oldukça incelen birimin yüzeyi muhtemelen aşınmıştır. Bu birim 8. metrede kama yaparak sonlanır.



Şekil 6.10 Akharem Kazı-2'nin genel görünümü, bakış kuzeye.

F biriminin üstüne açık kahve, farklı boylarda çakıllar (1-15 cm) içeren kum, kil, silt matriksli bir birim gelir (E). Çakıllar kötü boylanmış, yassı, küresel ya da köşelidir.



Şekil 6.11 Akhrem Kazı-2 içindeki birimlerin genel görünümü, bakış kuzeye

Yüksek enerjili bir ortamı ifade eden bu birim F birimini aşındırarak gelmiş ve içine bu üniteden merccek şeklinde çökeller almıştır. Üstte sarımsı kahverenkli, yer yer kötü boylanmış çakıllar içeren, karnonatlı silt (D) yer alır. Matriks %75 oranındadır. Duvarın güneyinde bu birim içerisinde kil-sit matriskli ince çakıllı merccek bantları görülür. Bu birimin orta kesimi bir kanal dolgusu yapısıyla kesilir. Bu dolgu içinde köşeli iri çakıllar yer alır. Ayrıca bir kiremit parçası da tespit edilmiştir. Üstteki açık kahvemsii birimde (C) farklı boyda (2-22cm), kötü boylanmış çakıllar, ince çakıllı, siltli matriks içerisinde yer alır. Matriks %20 oranındadır. Bunun üzerine kuzeyden koyu kahverenkli, yer yer ince çakıllı, killi silt (B) gelir. Bu birim 6 ve 7. metrede sonlanır. Kazı duvarının en üst seviyesinde ise toprağın altında, sarımsı, bitki kökleri



ve çeşitli boyda çakıl içeren silt (A) görülür. Kazı içerisindeki birimlerde fay hareketine bağlı olarak gelişmiş bir deformasyona uğramamıştır (Şekil 6.11).

### 6.3. Karbon-14 ( $C^{14}$ ) Yöntemiyle Yaş Tayini

$C^{14}$  atmosferde, kozmik ışın parçacıklarının nitrojen (N), oksijen (O) ve karbon(C) ile etkileşime girmesi sonucu üretilir (Julia, R, 2001). Bu elementler arasında nitrojen, oluşacak  $C^{14}$  miktarı açısından en önemli olanıdır. Üretilen  $C^{14}$ 'ün tamamı hızlı bir şekilde  $CO_2$  halinde oksitleşir ve organizma bünyesi dahil her tarafa yayılır. Canlılar özellikle bitkiler sürekli olarak bünyelerinde  $CO_2$  absorbe eder. Böylece vücutlarında  $C^{14}$  birikmiş olur. Havada bulunan  $C^{14}/C^{12}$  oranı çok fazla değişken değildir. Canlı öldükten sonra havadan  $CO_2$  alamayacağı için ölü organizmada  $C^{14}$ 'ün  $C^{12}$  ve  $C^{13}$ 'e oranı gittikçe azalacaktır. Bu değer 1/2 yi bulduğunda, organizmanın ölümünden geçen zamanın 5730 yıl olması gerekir. Bu da  $C^{14}$ 'ün yarı ömrüdür. Böylece bir bitki ya da kalıntısında var olan radyokarbonun diğer karbonlara ( $C^{12}$  ve  $C^{13}$ ) oranını atmosferde  $CO_2$  içindeki  $C^{14}/C^{12}$  oranı ile karşılaştırarak bir bitkinin ölüm yaşı saptanabilir ( Sakınc ve diğ., 2001). Kesin yaş şu şekilde formülize edilir:

$$T = 1/\lambda \ln ( 1 + D/ P)$$

T= zaman ,  $\lambda$  = ışıma sabiti , ln= logaritmik değer, D= kardeş izotopun atom sayısı

P= Ana izotopun atom sayısıdır.

Zaman içinde gömülen bitki kalıntısı, daha sonra örnek olarak alındığında labratuvarda tartılır ve ölçme aygıtına konarak bozunma hızı ölçülür. Atomların bazıları bu dönemde bozunur. Bir partikülü dışarı atarak tekrar nitrojene dönüşecektir. Her bir parçalanma aralığı kalan  $C^{14}$  miktarının belirlenmesini sağlar. Radyoaktif bozunmanın düzenliliğiyle geçen süre hesaplanabilmektedir.

Karbon-14, 300- 50.000 yıl arasında bir zaman değeri verecektir. Bütün radyokarbon yaş tayinleri için, 1950 yılı karbon aktivitesinin bugünkü ile karşılaştırılması sonucu, ortak olarak 1950 yılı baz alınmaktadır.

Bu çalışmada, Almanya'da Kiel Üniversitesi Leibniz labratuvarına yollanan kömür örneklerinin sonuçları gelen rapora göre şu şekildedir ( Ek-7):

Örnekler kontrol edilip mikroskop altında mekanik olarak temizlenmiştir. Kumlu kömür parçaları toplanıp %1 HCl, %1 NaOH ve tekrar %1 HCl ile 60° C de

ayıklanmıştır. CO<sub>2</sub>'e dönüşüm CuO ve gümüş yün ile 900° C de kuvars bir tüp içinde gerçekleştirilmiştir. CO<sub>2</sub> numunesi 2mg'lık Fe tozunun katalizörlüğünde H<sub>2</sub> ile indirgenir ve oluşan karbon/demir karışımı küçük bir habda sıkıştırılır.

Numunelerin <sup>14</sup>C konsantrasyonu, her numunede aynı zamanda elde edilen Oksalik Asit standardlı CO<sub>2</sub>'in <sup>14</sup>C, <sup>13</sup>C, ve <sup>12</sup>C ışınlarının karşılaştırılması ile ölçülmüştür. Geleneksel <sup>14</sup>C yaşları  $\delta^{13}\text{C}$  düzeltmesi kullanılarak <sup>13</sup>C/<sup>12</sup>C oranına dayanan istopik saçılmayla hesaplanmıştır. <sup>13</sup>C/<sup>12</sup>C oranı, AMS (Accelerator Mass Spectrometry) sisteminin <sup>14</sup>C/<sup>12</sup>C oranı ile eşzamanlı kullanımıyla ölçülmüştür. Her iki örnekte, sağlıklı bir ölçüm için gerekli olan 1mg'ın üstünde karbon sağlamıştır.  $\delta^{13}\text{C}$  değerleri normal aralıkta olup dolayısıyla sonuçlar güvenilirdir.

**KIA17070 K1/N1 ( Akharem Kazı-1/ Numune 1)**

<b>Parça</b>	<b>Düzeltilmiş pMC†</b>	<b>Geleneksel yaş</b>	<b><math>\delta^{13}\text{C}(\text{‰})\ddagger</math></b>
kömür, alkali kalıntı, 1.9 mg C	60.67 ± 0.22	4015 ± 30 BP	-23.62 ± 0.05

<b>Radyokarbon yaşı:</b>	4014 ± 30 (günümüzden- 1950)
<b>Kalibre edilmiş yaşlar:</b>	M.Ö 2560, 2535, 2533, 2524, 2496
Bir Sigma Aralığı:	M.Ö 2570 - 2546 (Olasılık 23.7 %)
(Olasılık 68,3 %)	2544 - 2516 (Olasılık 27.8 %)
	2500 - 2488 (Olasılık 11.5 %)
	2479 - 2474 (Olasılık 5.4 %)
İki Sigma Aralığı:	M.Ö 2617 - 2612 (Olasılık 1.0 %)
(Olasılık 95,4 %)	2580 - 2468 (Olasılık 94.4 %)

**KIA 17071 K1/N8 ( Akharem Kazı-1/ Numune 8)**

<b>Parça</b>	<b>Düzeltilmiş pMC†</b>	<b>Geleneksel yaş</b>	<b><math>\delta^{13}\text{C}(\text{‰})\ddagger</math></b>
kömür, alkali kalıntı, 1.1 mg C	69.05 $\pm$ 0.30	2975 $\pm$ 35 BP	-22.41 $\pm$ 0.13

**Radyokarbon yaşı:** 2975  $\pm$  35 ( günümüzden- 1950)

**Kalibre edilmiş yaşlar:** M.Ö 1255, 1243, 1212, 1197, 1193, 1138, 1133

Bir sigma aralığı: M.Ö 1286 - 1284 (Olasılık 0.7 %),  
(Olasılık 68,3 %) 1261 - 1205 (Olasılık 31.4 %),  
1205 - 1188 (Olasılık 9.6 %),  
1181 - 1148 (Olasılık 17.8 %),  
1144 - 1129 (Olasılık 8.9 %)

İki Sigma Aralığı: M.Ö 1369 - 1360 (Olasılık 1.0 %),  
(Olasılık 95,4 %) 1316 - 1108 (Olasılık 87.8 %),  
1102 - 1068 (Olasılık 4.8 %),  
1064 - 1051 (Olasılık 1.9 %)

#### 6.4. Jeofizik

Jeofizik yöntemlerinin paleosismolojide kullanılması şu açılardan yararlıdır; (1) haritalanmış fay zonlarında yeraltı jeolojisinin belirlenmesi, (2) yüzey morfolojisi olmayan gömülü fayların bulunması. Bu amaçla İznik Gölü ile Karsak arasında görülen şev morfolojilerinin fay ilişkili olup olmadığı ve de kazı yerlerinin daha iyi belirlenmesi için VLF-EM (Very low frequency-Electro magnetic) jeofizik yönteminden yararlanılmıştır.

VLF-EM yöntemi yer içine nüfuz eden çok alçak radyo dalgalarını yakalayıp yerin tabakaları ve bu tabakaların bozunumları hakkında veri sağlar. Kullanılan cihazın özelliği üç ayrı frekanstan sinyal toplayıp bunların farklı derinliklerdeki verilerini değerlendirmesidir. VLF'nin verici antenleri, elektrik ve manyetik alan yayan bir elektrik dipoldan oluşur.



Şekil 6.12 Çalışmada kullanılan ENVI VLF (SCINTREX) marka cihaz.

VLF yönteminde veriler, belirli profiller seçilerek üzerinde belirli aralıklarla (0,5-5 m) ölçüm alınarak toplanır. Bu ölçümler cihazın konsül kısmına kayıt edilir ve daha sonra bilgisayar ortamında Surfer-Grapher progmları kullanılarak değerlendirilip zemine ait 3 ayrı frekanstaki primer ve sekonder elektro manyetik (EM) alanlar hesaplanarak zemin hakkında veri toplanmış olur. Üç ayrı frekansta ölçüm yapmanın amacı, üç ayrı derinlikte çalışma fırsatı sağlamaktır. VLF frekansları 15-30 kHz arasında olup, inebileceği derinlik yeryüzüne yakın kesimlerin öz direnci (5-100 ohm.m) düşünüldüğünde 5-100 m arasındadır. Bu sonuca **nüfuz derinliği** formülü ile ulaşılmıştır:

$$d = 503,3 (q/f)^{1/2}$$

Bu çalışmada, ölçümlerin tümünde ENVI VLF (SCINTREX) marka cihaz kullanılmıştır. Operatör seçimli olarak frekansları 15-30 kHz arası çalışabilen cihazın, otomatik taraması ve frekans seçimi mevcuttur. Cihaz dik gerçel bileşen (IP), dik sanal bileşen (OP) ölçümleri yapmaktadır. Bu ölçümlerin değerlendirilmesi sonucunda zemin yapısı ve tabakalar hakkında bilgi elde edilebilmektedir.

Ölçümler inceleme alanında üç noktada yapılmıştır. İlki Gemiç kuzeyindeki düşey şev üzerinde denenmiştir. Bu şev üzerinde kurulu olan elektrik hattının yarattığı gürültü toplanan veriden daha yüksek olduğu için verilerin silinmesine neden olmuştur. Bu sebeple de bu noktadan gerekli veri elde edilememiştir. İkincisi Akharek köyünün 300 m doğusunda Akharek Kazı-1'in açıldığı şevin üzerinde yapılmıştır. Bu alanın aynı zamanda sık zeytin ağaçlarından oluşan bir bahçelik alan olmasından dolayı ölçümde problem yaşanmıştır. Ağaç kökleri sinyalin derine inmesi esnasında bir kalkan vazifesi görerek veri toplanmasını engellemiştir. Üçüncü ve son ölçüm Akharek Kazı-2'nin açıldığı alanda Mahmutoğlu deresinin sağ yanal değişiminin fay kontrollü olup olmadığını test etmek amacıyla yapılmıştır. KD-GB doğrultusunda alınan üç profilin uzunlukları sırayla, 1. profil 11 m, 2. profil 10 m, 3. profil 15 m dir. Profillerde alınan ölçümlerde 16.0- 18.3-26.4 kHz frekansları kullanılmıştır. Ortamın ortalama öz direncine (50-100-200  $\Omega$ .m) göre inilen derinlik 20-27-56 m olarak hesaplanmıştır. Bu üç derinlik için çizilen haritalar incelendiğinde en sık frekansımız olan 26.4 kHz de inilen 20 m derinlikte ortamdaki aşınmalar ve yüzey suyunun etkisiyle net görüntü elde edilememiştir. Yine de beklenen süreksizlik zonunun izleri elde edilen haritalarda y- ekseninde 7. metrede izlenmektedir. Bu süreksizlik hakkındaki en sağlıklı bilgi 2. frekansımız olan 18,3 kHz de yaklaşık 37 metre derinde görülmektedir. Bu derinlikte oluşmuş olan bozulma zonu y-eksenine 5-7 m arasında olup derine doğru devamlılık göstermektedir. 2. frekansta rastladığımız bu zonun devamı 3. frekans 16,0 kHz de yaklaşık 56 m derinlikte oldukça net olarak görmekteyiz. Zon tamamıyla bir çizgisellik kazanarak y- ekseninde 5. metrede karşımıza çıkmaktadır.

### **Kontür Haritası**

Kontür haritasında sık derinlikten alınan ölçümlerde çok fazla bozulma gözükse de yapısal açıdan dikkat çekici olan zon 7. metrede çıkmakta ve bu zonun derinliğe göre devamını diğer çizilen kontür haritasında izlemekteyiz. Sonuç olarak en net görüntü

16.0 kHz frekansta, 56 m derinlikten toplanan verilerle oluşturulmuştur. Buna göre olası süreksizlik zonu 4-6 m arasında olup tüm profilde izlenebilmektedir.

### **Üç Boyutlu (3D) Gösterim Haritası**

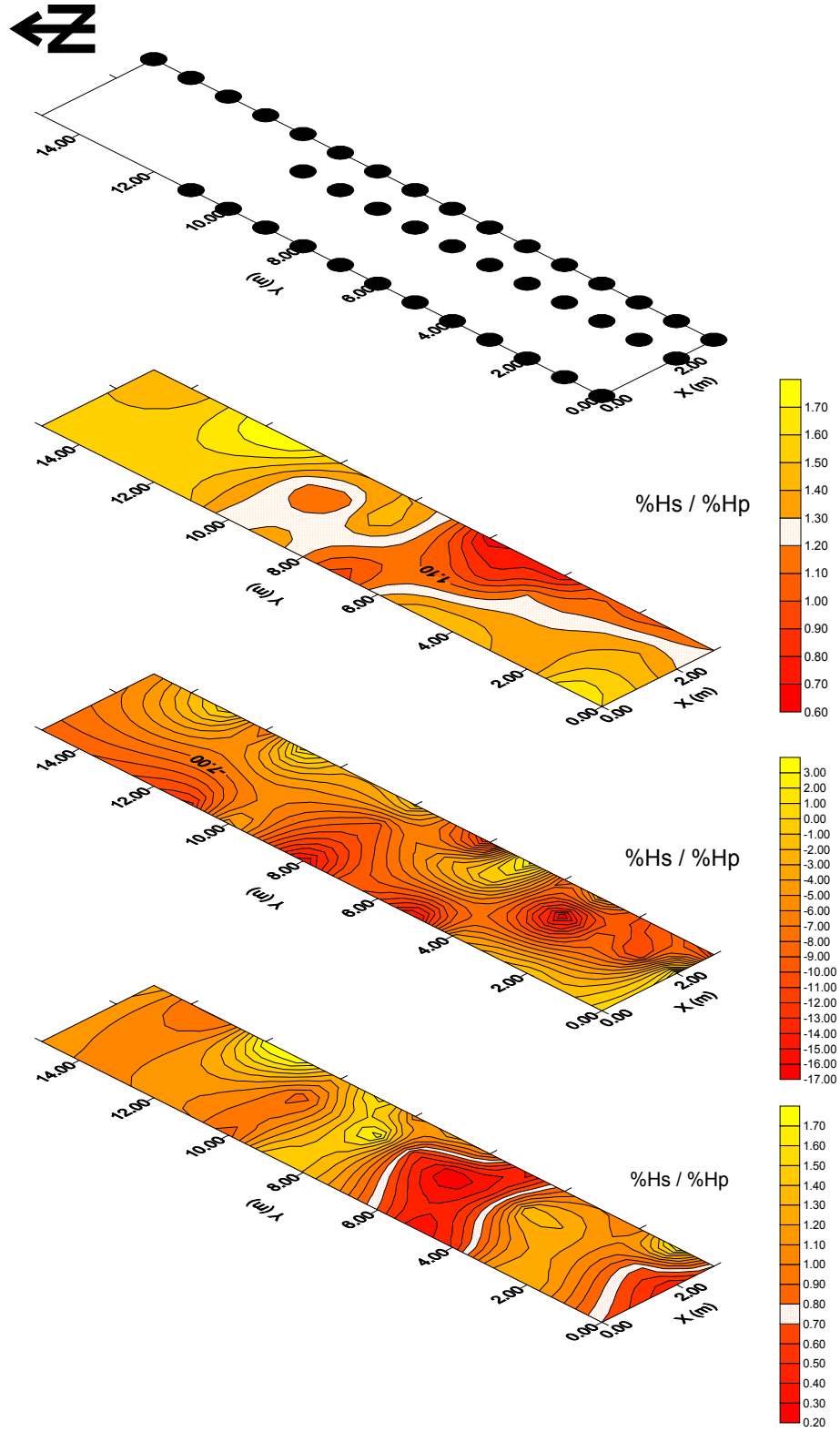
Toplanmış olan üç ayrı frekans ve üç ayrı derinlik için çizilen 3D gösterim haritasının amacı olası süreksizlik zonunun yapısal olarak incelenmesidir. Bu haritalarda görülen zonlar, sığ derinlikte dağınık, orta derinlikte belirgin, derinde ise oldukça nettir. Harita detaylı incelenerek çizilen tahmini zonda kırmızı korelaj ile gösterilmiştir.

### **İmajinal Gösterim Haritası ( Image map)**

Toplanmış veriler üzerinde yapılan gridleme işlemi sonucunda çizilen imajinal haritalar bize ortamın iletkenliği konusunda bilgi vermektedir. Bu işlemin amacı bozulma zonlarının normal formasyonlara göre iletkenlik göstereceği farklılıkları tespit etmektir. Sığ frekanstaki dağınık bozulma zonları net veri almamızı engellemiştir. Net veriyi derin frekansta elde etmiş olup bu görüntü gerek kontür gerek 3D haritalarında elde edilen görüntüyü de birebir desteklemektedir. Haritalar değerlendirilirken kırmızı renk iletkenliği, siyah ise iletken zonun sınırı için kullanılmıştır.

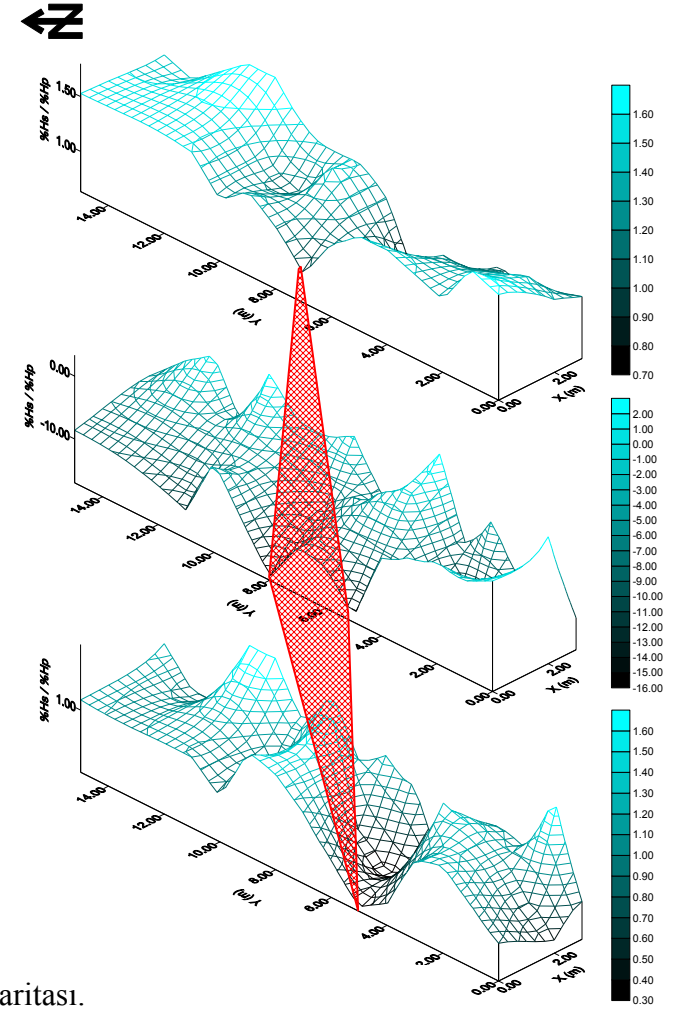
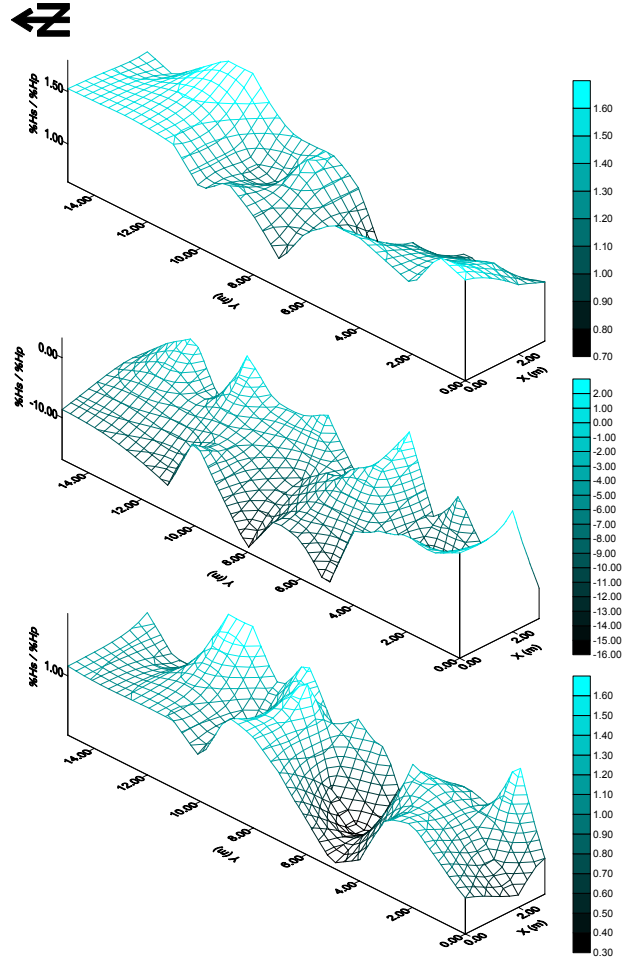
### **Grafikler**

Ölçülmüş en uzun profil olan 3. profil üzerinde çizilen grafikler ile yapısal bozulma ve iletkenlik değişimi iki boyutlu (2D) ortamda aynı anda irdelenmiştir. Bu grafiklerde %IP-%OP-TILT bileşenleri çizdirilmiş, kırmızı renk ile iletkenlik, siyah renk ile yapısal özellikler simgelenmiştir. Bunların sonucunda yapısal ve iletkenlikte bozulmalar birbirine paralellik göstermektedir

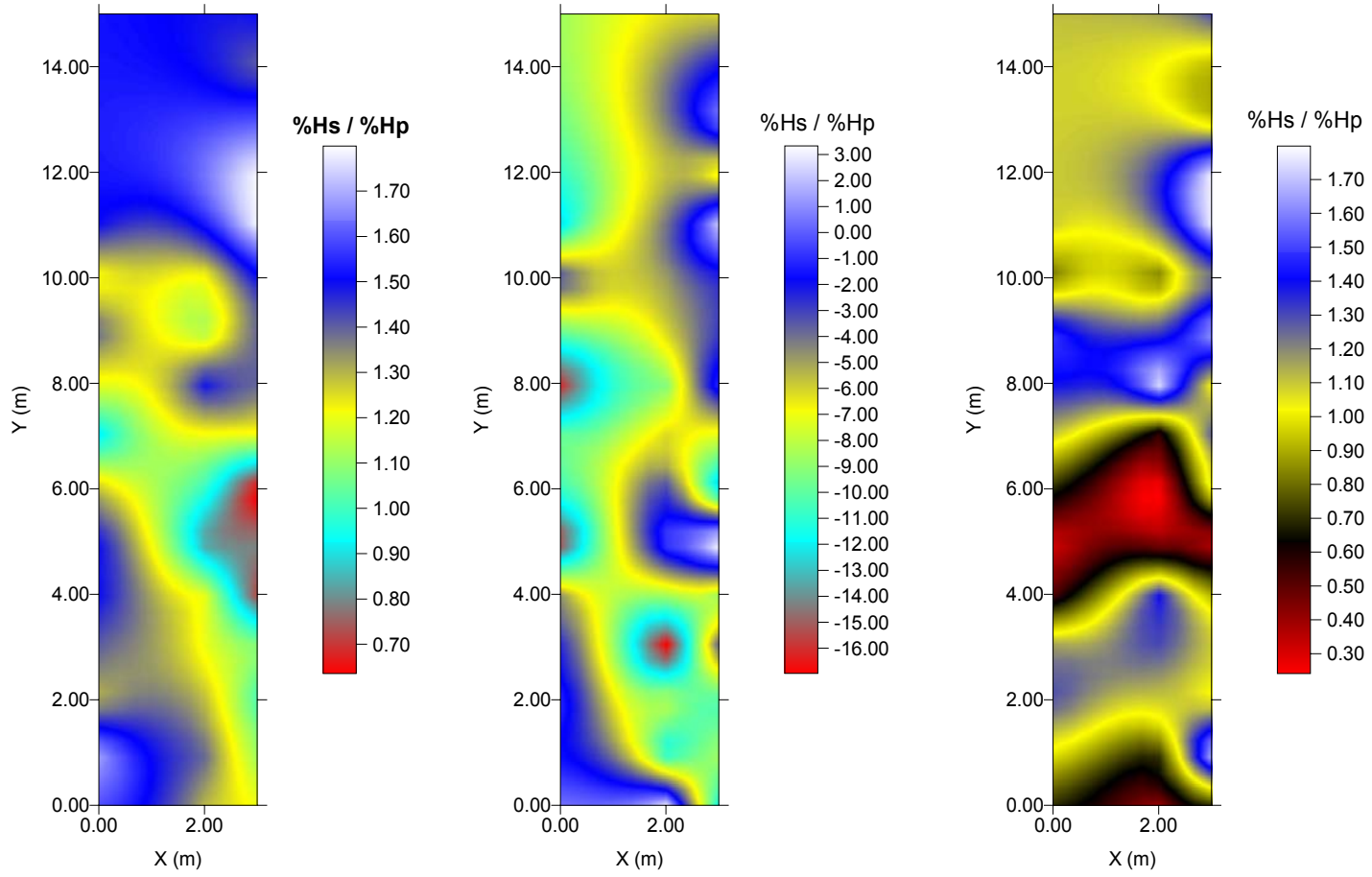


Şekil 6.13 Kontür haritası

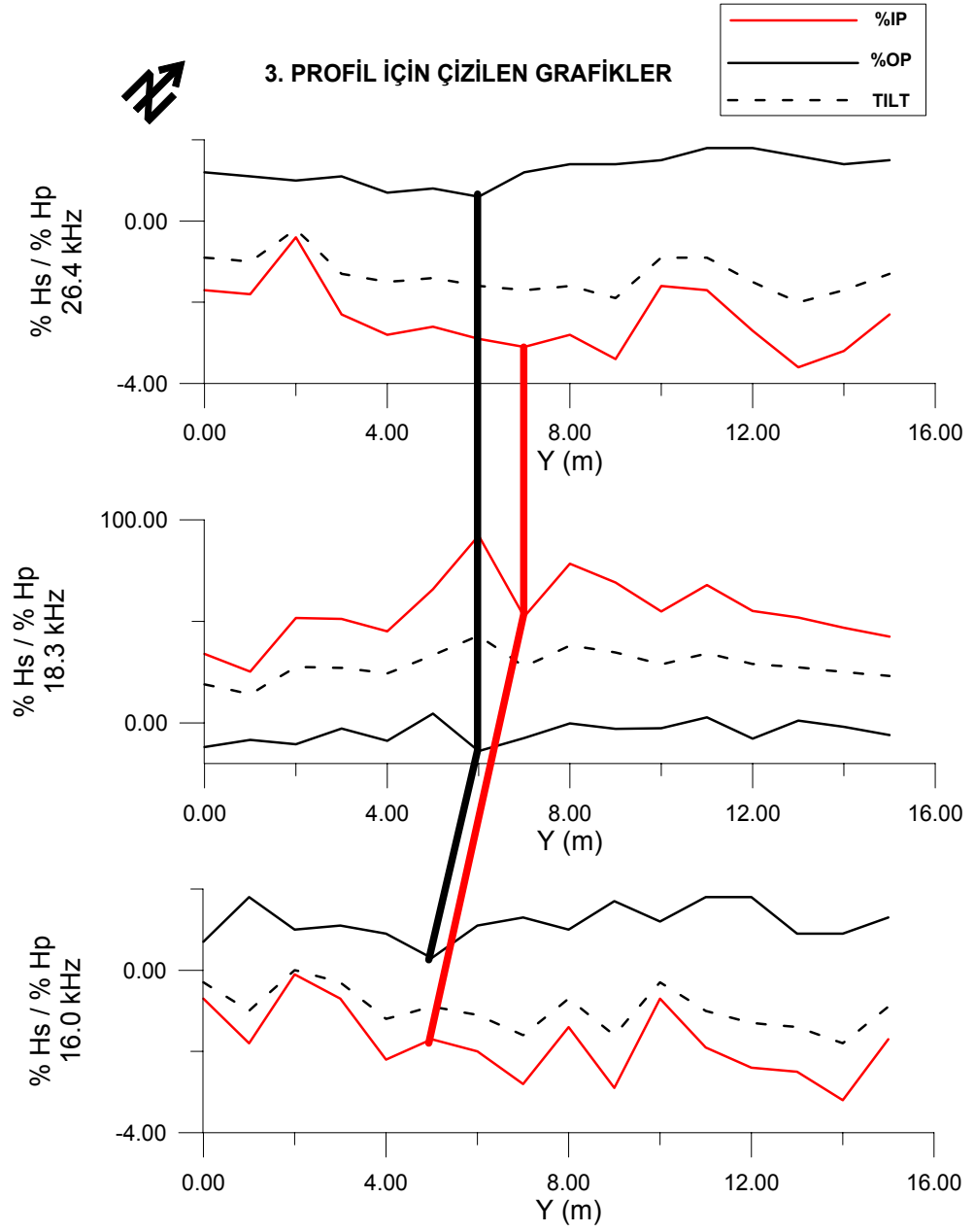




Şekil 6.14 Üç boyutlu (3D) gösterim haritası.



Şekil 6.15 İmajinal gösterim haritası



Şekil 6.16 Grafikler

## BÖLÜM 7 SONUÇLAR

Bu çalışmada Gemlik Fay Zonu'nun aktif tektonik özelliklerini belirlemek amacıyla, İznik Gölü ve Gemlik Körfezi arasında yer alan inceleme alanının jeolojisi, fay geometrisi, morfolojisi, tarihsel-aletsel deprem aktivitesi ve paleosismolojik özellikleri belirlenmeye çalışılmıştır. Genel olarak inceleme alanı Triyas-Jura yaşlı bir metamorfik temel ile onun üzerine gelen, Eosen-Neojen zaman aralığında oluşmuş volkanik ve sedimenter kayalar ile düzlük alanlarda yüzeyleyen Kuvaterner yaşlı güncel birimlerden oluşmaktadır. Kuzeyde ve güneyde yüksek dağ sıraları ile sınırlanan bölge, doğuda ve batıda geniş düzlük alanlara sahiptir.

Gemlik Fay Zonu'na ait segmentler üzerine hava fotoğrafları ve arazi çalışmalarında yapılan incelemede, İznik gölü batısındaki alanda fay zonunun Gemiç dağlarının kuzey eteği boyunca normal bileşeni belirgin bir şekilde ilerlediği belirlenmiştir. Bu hattın hemen kuzeyinde dağ önündeki geniş alüvyal fanı kesen yaklaşık D-B doğrultulu morfolojik şevin aynı fay zonuna ait bir yapı olabileceği düşünülmüştür. Batıya doğru fay, Karsak boğazı güneyindeki yüksek topoğrafyayı izleyerek Gemlik düzlüğüne ulaşmakta ve Gemlik körfezi içine girmektedir. Aynı hattın batı devamında Tuzla Burnu güneyindeki tepelerin önündeki keskin düşey morfoloji de buradaki diğer bir fayın göstergesidir. Fay zone içerisinde belirlenmiş diğer bir fay segmenti de Karsak boğazından Gemlik Körfezi'ne uzanan hattın GB yönünde ayrılan Gençali Fayı'dır. Arazide morfolojik olarak çok belirgin olmayan bu fayın genel doğrultusu, uydu ve hava fotoğraflarındaki morfolojik uzanımından ortaya konulmuştur. Gemlik Fay Zonu'nun bütün bu segmentleri çok az bir sağ-yanal doğrultu atım morfolojisi göstermekte ve arazide genel olarak normal bileşeni baskın bir yapı göstermektedir. GPS verileri bu kol üzerindeki yıllık hızın 1-2 mm'yi geçmediğini ve bu kolun KAF'ın diğer kollarına göre oldukça yavaş bir yanal harekete sahip olduğunu ortaya koymaktadır. İnceleme alanının tarihsel ve aletsel dönem deprem aktivitesi incelendiğinde ise, tarihsel dönemde bu alanda muhtemel olarak meydana gelmiş olabilecek bir-iki büyük deprem (olası M 6- 6.5) belirlenmiş, aletsel dönemdeki sismik aktivitede ise en büyüğü M 4.2 olmak üzere daha çok

küçük magnitüdlü depremlerden oluşan bir kümelenme olduğu görülmektedir. Bu kümelenmeler fay zonunun aktivitesine işaret ederken büyük deprem üretme kapasitesinin uzun zaman periyodları içerisinde olabileceğini ifade etmektedir.

Çalışma alanında Gemiç dağları kuzeyindeki alüvyal yelpazede görülen şevler üzerinde, bu yapıların fayın Holosen içerisindeki hareketiyle mi ilişkili olduğuna cevap aramak amacıyla çeşitli trench (kazı) çalışmaları yürütülmüştür. Farklı noktalarda yapılan 4 kazının içerisinde sadece Akharem Kazı-1 içerisinde bir deformasyona rastlanılmıştır. Bu deformasyonun zamanını belirlemek amacıyla kazıdan alınan kömür örneklerinin karbon-14 yaş tayini sonuçları çok sağlıklı çıkmasa da yapılan tahmini hesapta bu olayın günümüzden 2000 yıl önce meydana gelmiş olabileceği düşünülmüştür.

Ayrıca, Akharem Kazı-2'nin açıldığı alanda Mahmutoğlu deresinin sağ yanal değişiminin fay kontrollü olup olmadığını test etmek amacıyla yapılan VLF ölçümlerinde derinde bir süreksizlik zonu tespit edilmiş fakat kazının açılmış olduğu derinlik içerisinde bu süreksizliğe ait bir yapı görülmemiştir.

Bütün bu çalışmalar gözönünde bulundurularak Kuzey Anadolu Fayının orta kolunun İznik Gölü ile Gemlik Körfezi arasında batı uzantısını oluşturan Gemlik Fay Zonu'nun normal bileşenli sağ yanal doğrultu-atımlı, düşük hareket hızına sahip fay zonu olduğu arazi incelemeleri, hava fotoğrafı ve uydu görüntüleri yorumlamaları, sismoloji ve GPS verileri doğrultusunda anlaşılmıştır.

## KAYNAKLAR

- Akartuna, M.** 1968. Armutlu yarımadası jeolojisi, *Istanbul Üniversitesi Fen Fakültesi Monografileri*, sayı 20, 1-105.
- Aki, K.**, 1984. Asperities, barriers, characteristic earthquakes and strong motion prediction, *J. Geophys. Res.*, 89, 5867-5872
- Altınlı, İ.E.**, 1973. Orta Sakarya jeolojisi, *Cumhuriyetin 50. yılı Yerbilimleri Kongresi*, MTA, Ankara, 159-191.
- Ambraseys, N.N. ve Finkel, C.F.**, 1991. Long term seismicity of Istanbul and of the Marmara region, *Engin. Seis. Earthq. Engin. Report 91/8*, Imperial College.
- Ardel, A.**, 1953. İznik Depresyonu ve Gölü, *İ.Ü. Coğrafya Enstitüsü Dergisi*, 2.5-6, 210-225.
- Bargu, S.**, 1982. The geology of İznik-Yenişehir (Bursa)-Osmaneli (Bilecik) area, *İ.Ü. Yerbilimleri Dergisi*, 3: 1-2, 191-234.
- Bargu, S. Ve Sakıncı, M.**, 1989. İznik Körfezi-İznik Gölü arasında kalan bölgenin jeolojisi ve yapısal özellikleri, *İst. Üniv. Müh. Fak. Yerbilimleri Dergisi*, 6, 45-76
- Barka, A.A. ve Kadinsky-Cade, K.**, 1988. Strike-slip fault geometry in Turkey and its influence on earthquake activity. *Tectonics*, 7, 663-684.
- Barka, A.A.**, 1992. The North Anatolian Fault. *Annales Tectonicae*, 6, 174-195
- Barka, A.A. ve Kuşçu, İ.**, 1996. Extents of the North Anatolian fault in the İzmit, Gemlik ve Bandırma bays, *Turkish J. Marine Sci.*, 2, 93-106.
- Barka, A.**, 1997. Neotectonics of the Marmara region, *Active Tectonics of Northwestern Anatolia-The Marmara Poly-Project*, Eds: C. Schindler, M. Pfister, 55-87.
- Barka, A., Uçarkuş, G., Sieh, K., Altunel, E., Akyüz, S., Genç, C.**, 2001. Borusan Gemlik Tesisleri Aktif Fay ve Deprem Projesi, İTÜ Vakfı
- Chaput, E.**, 1947. Türkiye’de Jeolojik ve Jeomorfojenik Tetkik Seyahatları, *İ.Ü Coğrafya Enstitüsü ( Türkçeye çeviri, Ali Tanoğlu)*, 11, 326 s.
- Ece, Ö. I.**, 1990. Gemlik (Bursa) bölgesindeki Tersiyer yaşlı sedimanter kayaların stratigrafisi. *TPJD Bülteni*, 2/1, 123-134.
- Emre, Ö., Erkal, T., Kazancı, N., Görmüş, S., Görür, N., Kuşçu, İ., Keçer, M.**, 1997., Güney Marmara’nın Neojen ve Kuvaterner’deki morfolotektoniği, *Güney Marmara Bölgesinin Neojen ve Kuvaterner evrimi*, TÜBİTAK YDABÇAG-426/ G Proje Raporu, 36-68.
- Emre, E., Erkal, T., Tchepalyga, A., Kazancı, N., Keçer, M., Ünay, E.**, 1998. Doğu Marmara Bölgesinin Neojen-Kuvaterner’deki evrimi, *MTA Derg.*, 120, 289-314.

- Emre, Ö., Doğan, A., Özalp, S., Tokay, F.,** 2001. BP Petrolleri AŞ Gemlik Dolum Tesisleri ve yakın çevresinin aktif fay etüdü. MTA rapor. 10398, 76s.
- Erk, A.S.,** 1942. Bursa ve Gemlik arasındaki mıntıkanın jeolojik etüdü. MTA Memoir, Seri B, No: 9, 295s.
- Erendil, M., Kuşçu, İ., Kato, H.,** 1988. Tectonics of the Armutlu Peninsula (Turkey); Aspects of the Western North Anatolian Fault Zone, *Research on Quaternary crustal movement and earthquake prediction*, Report of International Research and Development Cooperation ITIT Project, no.8513, p.59-65.
- Ergin, K., Güçlü, U., Uz, Z.,** 1967. Türkiye ve civarının Deprem Katloğu (M.S. 11 yılından 1964 sonuna kadar), İTÜ Maden Fak. Arz Fziği Enst., No 24, İstanbul
- Genç, Ş,** 1986. Uludağ-İznik Gölü arasının jeolojisi. MTA Rapor no: 7853, 122 s.
- Genç, Ş.C.,** 1993. İznik-İnegöl (Bursa) arasındaki tektonik birliklerin jeolojik ve petrolojik incelenmesi, *Doktora Tezi*, İTÜ Fenbilimleri Enstitüsü, 522s.
- Genç, Ş.C.,** 1995. Petrology of the pre-Liassic metamorphic basement rocks of northwestern Anatolia, *In: Int. Earth Sci. Coll. On the Aegean Region* (IESCA)
- Genç, Ş.C., Yılmaz, Y.,** 1995. Evolution of the Triassic continental margin, northwest Anatolia, *Tectonophysics*, 243, 193-207.
- Genç, Ş.C., Yılmaz, Y.,** 1997. An example of the post-collisional magmatism in northwestern Anatolia: the Kızderbent volcanics (Armutlu peninsula, Turkey), *Tr. Journal of Earth Sciences* , TUBITAK, V.6, 33-42.
- Guidoboni, E., Comastri, A. and Traina, G.,** 1994. Catalogue of ancient earthquakes in the Mediterranean area up to the 10<sup>th</sup> century, ING, Italy, 504 p.
- Gurbuz, C. , Aktar, M., Eyidogan, H., Cisternas, A., Haessler, H., Barka, A., Ergin, M., Türkelli, N., Polat, O., Üçer, S.B., Kuleli ,S., Baris, S., Kaypak, B., Bekler, T., Zor, E., Bicmen, F., Yoruk, A. ,** 2000. The Seismotectonics of the Maramara Region (Turkey) : results from a microseismic experiment, *Tectonophysics*, 316 , p. 1-17
- Honkura, Y. ve Işıkara, A.M.,** 1991. Multidisciplinary research on fault activity in the western part of the North Anatolian Fault Zone, *Tectonophysics*, 193, p. 347-357.
- Ikeda, Y., Suzuki, Y. and Herece, E.,** 1989. Late Holocene activity of the North Anatolian fault zone in the Orhangazi plain, Northwestern Turkey, in: *Multidisciplinary research on fault activity in the western part of the North Anatolian fault zone*, edited by: Y. Honkura and A. Işıkara, 16-30.
- Ikeda, Y., Herece, E., Sugai, T. ve Işıkara, M.,** 1991. Post glacial crustal deformation associated with slip on the western part of the North Anatolian Fault zone in the İznik Lake basin, Turkey, *Bull. of Dept. of Geogr., Univ. of Tokyo*, 13-23.
- Julia, R.,** 2001. Dating Techniques, *Europaleos*, 2-11 Febuary, Tarrogon, Spain
- Kaya, O. and Kozur, H.,** 1987. A new and different Jurassic to early Cretaceous sedimentary assemblage in Northwestern Turkey (Gemlik, Bursa): Implications



- for the pre-Jurassic to early Cretaceous tectonic evolution, *Yerbilimleri Der.*, Hacettepe Üniv., 14, 253-268.
- Kaya, O.**, 1977. Gemlik-Orhangazi alanının Paleozoyik temel yapısına yaklaşım. H.Ü. *Yerbilimleri Dergisi*, 3: 1-2, 115-128.
- Kaya, O., Wiedmann, J., Kozur, H.**, 1986. Preliminary report on the stratigraphic, structural and significance of the so-called Late Paleozoic and/or Triassic “melange” or “suture zone” rocks, in northwestern Anatolia, Turkey. H.Ü. *Yerbilimleri Dergisi*, 13, 1-16.
- Kaya, Ş.**, 2000. Uydu Görüntüleri ve Sayısal Arazi Modeli Kullanılarak Kuzey Anadolu Fayı Gelibolu-Işıklar Dağı kesiminin jeomorfolojik-jeolojik özelliklerinin incelenmesi, *TDV Teknik Rapor*, TR 031-52, 113 s.
- McCalpin, J.**, 1996. Paleoseismology, Academic Press, 588 p.
- Mogi, K.**, 1967. Earthquakes and fractures, *Tectonophysics*, 5, 35-55
- Okay, A.İ., Siyako, M., Bürkan, K.A.**, 1990. Biga yarımadasının jeolojisi ve tektonik evrimi, *TPJD Bülteni*, 2: 1, 83-121.
- Okay, A. İ., Görür, N.**, 1995. Batı Karadeniz ve Trakya Havzaları’nın kökenleri arasında zaman ve mekan ilişkisi, *Sym. Geol. Thrace Basin*, Ankara, 9-11.
- Okay, A. İ., Tüysüz, O.**, 1999. Tethyan sutures of northern Turkey. In the Mediterranean Basins: Tertiary extension within the alpine orogen, pp.475-515, *Geological Society of London*, special publication no.156.
- Parsons, T., Toda, S., Stein, R.S., Barka, A. and Dieterich, J.H.**, 2000. Heightened odds of large earthquakes near Istanbul: an interaction-based probability calculation, *Science Reprint*, 288, 661-665.
- Pfister, M., Rybach, L., Şimşek, Ş.**, 1997. Geothermal reconnaissance of the Marmara sea region, *Active Tectonics of Northwestern Anatolia-The Marmara Poly-Project*, p. 503-537.
- Sakıncı, M., Yaltırak, C., Ulgen, U. B., Toraman, E.**, 2001. Jeolojide yaş kavramı ve Kuvaterner’de tarihlendirme, *İTÜ AYBE Türkiye Kuvaterneri Çalıştayı Makaleler ve Özetler*, s. 13-23.
- Soysal, H., Sipahioğlu, S., Kolçak, D., Altınok, Y.**, 1981. Türkiye ve çevresinin tarihsel deprem kataloğu, TÜBİTAK, Proje no.TBAG 341.
- Straub, C.**, 1996. Recent crustal deformation and strain accumulation in the Marmara Sea region, NW Anatolia inferred from GPS measurements: *PhD Thesis*, ETH, 122s.
- Straub, C., Kahle, H.G., Schindler, C.**, 1997. GPS and geologic estimates of the tectonic activity in the Marmara Sea region, NW Anatolia, *Journal of Geophys. Res.*, v.102, n.B12, p. 27587-27601.
- Şengör, A.M.C.**, 1980. Türkiye neotektoniğinin esasları: *TJK yayını*, 40s.
- Şengör, A.M.C., Yılmaz, Y.**, 1981. Tethyan evolution of Turkey: A plate tectonic approach, *Tectonophysics*, 75, 181-24
- Şengör, A.M.C., Görür, N., Şaroğlu, F.**, 1985. Strike-slip faulting and related basin formation in zones of tectonic escape: Turkey as a case study, *S.R.E.M. Spec. Pub.*, 37, 227-264.

- Tanoğlu, A., Erinç, S.,** 1956. Garsak boğazı ve Eski Sakarya, *İ.Ü Coğrafya Enst. Dergisi*, c.4, sayı 7, s. 17-31.
- Tsukuda, E., Herece, E. and Kuşçu, İ,** 1988. Some geological evidences on activity of the western North Anatolian fault - Geyve, İzmit, Gemlik area - *Research on Quaternary crustal movement and earthquake prediction*, Report of International Research and Development Cooperation ITIT Project, no.8513, p.69-91.
- Üçer, B.,** 1990. Marmara Bölgesinin deprem etkinliği ve aktif tektonikle ilişkisi, *Doktora Tezi*, İstanbul Üniversitesi, İstanbul
- Yaltırak, C.,** 2000. Kuzey Anadolu Fayı'nın Marmara Kolları ve Bölgenin Tektonik yapısı. *Güney Marmara Depremleri ve Jeofizik Toplantısı*, Bursa, 22 Eylül, 2000, s.44-48.
- Yılmaz, Y., Genç, Ş.C., Yiğitbaş, E., Bozcu, M. ve Yılmaz, K.,** 1995, Geological evolution of the late Mesozoic continental margin of Northwestern Anatolia, *Tectonophysics*, 243, 155-171.
- Yılmaz, Y.,** 1981. Sakarya kıtası güney kenarının tektonik evrimi, *İ.Ü. Yerbilimleri Dergisi*, 11: 1-2, 33-52.
- Yılmaz, Y.,** 1990. Allocthonous terranes in the Tethyan Middle East: Anatolia and surrounding regions, *Phil. Trans. R. Soc. London*, A331, 611-624.
- Yoshioka, T. ve Kuşçu, İ,** 1994. Late Holocene faulting events on the İzmit-Mekece fault in the western part of the North Anatolian fault zone, Turkey, *Bulletin of the Geological Survey of Japan*, Vol.45(11), 677-685.

## **ÖZGEÇMİŞ**

Gülsen Uçarkuş, 18 Ekim 1976 tarihinde İstanbul'da doğdu. İlköğrenimini İstanbul'da Ataköy ilkokulunda bitirdi. 1986 yılında İstanbul'da İSTEK Vakfı Florya Bilge Kaan Lisesi'nde başladığı Orta ve Lise eğitimini 1994 yılında tamamladı. 1995 yılında girdiği İstanbul Teknik Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümünü, Haziran 1999'da tamamlayarak mezun oldu. Aynı yıl Eylül ayında İTÜ Avrasya Yer Bilimleri Enstitüsü, Katı Yerbilimleri Anabilim Dalında yüksek lisans eğitimine başladı.